తెలుగు అకాడమి ప్రచురణలు (మోనోగ్రాఫ్) - 134
వృక్షశాస్త్రం

పర్యావరణ జీవశాస్త్రం

రచయితలు

డా. బి. మల్లయ్య, ఎమ్.ఎస్‌సి., ఎమ్.ఫిల్., పిహెచ్.డి.
రీడర్, వృక్షశాస్త్రశాఖ,
కాకతీయ విశ్వవిద్యాలయం, వరంగల్లు.

డా. సిహెచ్. కనకరాజేశం, ఎమ్.ఎస్‌సి., పిహెచ్.డి.
లెక్చరర్, వృక్షశాస్త్రశాఖ,
ప్రభుత్వ జూనియర్ కళాశాల,
సుల్తానాబాద్, కరీంనగర్ జిల్లా.

సంపాదకులు

ఆచార్య సి. మనోహరాచారి, ఎమ్.ఎస్‌సి., పిహెచ్.డి., డి.ఎస్‌సి.
వృక్షశాస్త్రశాఖ, ఉస్మానియా విశ్వవిద్యాలయం,
హైదరాబాదు.

తెలుగు అకాడమి
హైదరాబాదు

Monograph : paryavarana jiivaSaastram (ENVIRONMENTAL BIOLOGY); **Authors :** Dr. B. Mallaiah, Dr. Ch. Kanaka Rajesam; **Editor :** Prof. C.Manoharachari; First Edition : 1999; pp. viii+ 222.

First Edition : 1999

Copies : 1000

Published by TELUGU AKADEMI Hyderabad-500 029 (Andhra Pradesh) under the Centrally sponsored scheme of production of books and Literature in Regional languages at the University Level of the Government of India in the Ministry of Human Resource Development, New Delhi.

Price : Rs. 45 = 00

Printed in India
Laser Typeset at M/s. Charisma Printers, Hyderabad
Printed at M/s Ajanta Art Printers, Hyderabad
Andhra Pradesh

భూమిక

1968లో స్థాపన జరిగిన నాటి నుంచి ఉన్నత విద్యా స్థాయిలో బోధన భాషగా తెలుగు కుదురుకోవడంలో తెలుగు అకాడమి నిర్వహిస్తున్న పాత్ర అందరికీ విశదమైనదే. ఎన్నో రకాల ఇబ్బందులను అధిగమిస్తూ అత్యల్ప వ్యవధిలో ఇంటర్, డిగ్రీ, పి.జి. స్థాయులకు కావలసిన పాఠ్య పఠనీయ గ్రంథాలు; ప్రామాణిక గ్రంథాల తెలుగు అనువాదాలు, మోనోగ్రాఫ్‌లు, జనరంజక గ్రంథాలు, వ్యాసావళులు, కరదీపికలు; ఎంసెట్, ఐ.ఐ.టి., టి.టి.ఐ. మొదలయిన పోటీ పరీక్షలకు కావలసిన గ్రంథాలు; పారిభాషిక పదకోశాలు; శాస్త్ర నిఘంటువులు మొదలయిన వాటిని ప్రచురించి అకాడమి విద్యారంగానికి సముచితమయిన సేవ చేయగలిగింది. అకాడమి ప్రచురించిన పుస్తకాలు ఎన్నో పునర్ముద్రణలు కూడా పొందాయి.

ఉన్నత విద్యాస్థాయిలో విద్యార్థుల పరిశ్రమ కేవలం పాఠ్య పఠనీయ గ్రంథాలకు మాత్రమే పరిమితం కారాదని, ఆయా పాఠ్యాంశాల మీద విస్తృతాధ్యయనం అత్యావశ్యకమని విద్యావేత్తల అభిప్రాయం. ఈ స్థాయిలో విస్తృతాధ్యయనానికి ప్రామాణిక గ్రంథాలు విరివిగా లభింపజేసే లక్ష్యంతో అకాడమి వివిధ అంశాలపై మోనోగ్రాఫ్‌లను, జనరంజక గ్రంథాలను, వ్యాసావళి గ్రంథాలను తయారుచేయించి ప్రచురిస్తున్నది.

ఈ కార్యక్రమంలో భాగంగా ఈ మోనోగ్రాఫ్‌ను ప్రచురిస్తున్నాం. నిత్యజీవితంతో సన్నిహిత సంబంధమున్న వివిధ శాస్త్రాంశాల విజ్ఞానాన్ని, సమకాలీన సమస్యల పరిజ్ఞానాన్ని అందరికీ అందించే లక్ష్యంతో అకాడమి ప్రచురిస్తున్న మోనోగ్రాఫ్‌లు విద్యార్థులకు, సామాన్య పాఠకులకు ఎంతో ఉపయోగకరంగా ఉంటున్నాయి. వివిధ రంగాలలో ప్రయోగికానుభవంగల నిపుణులను ఇందుకు సంపాదక, రచయితలుగా ఎన్నుకోవటం జరిగింది. భాష సరళంగాను, అందరికి అర్థమయ్యే రీతిలోనూ, సాధ్యమయినంత తక్కువ సాంకేతిక పదజాలంతో ఉండేటట్లు రచించే ప్రయత్నం జరిగింది.

ఉన్నత విద్యా బోధన భాషగా తెలుగు సంపన్నం కావాలన్న కోరికతో శక్తివంచన లేకుండా మేము చేస్తున్న పని విజయవంతం చేయడంలో మాకు ఎంతోమంది అండదండలు లభించాయి. వారందరికీ కృతజ్ఞతలు తెలుపుకుంటూ ముందుముందు కూడా విద్యార్థులు, అధ్యాపకులు, విజ్ఞానులు మాకు సహాయ సహకారాలను అందించగలరని ఆశిస్తున్నాం.

మా పూర్వ ప్రచురణలన్నింటి మాదిరిగానే ఈ గ్రంథం కూడా అందరి ఆదరాభిమానాలు సంపాదించగలదని విశ్వసిస్తున్నాం.

ప్రవేశిక

ఆధునిక ప్రపంచం ఎదుర్కొంటున్న అనేక సమస్యలలో పర్యావరణ సమస్య అత్యంత కీలకమైనది. ఈ సమస్య పరిష్కారం ఏ ఒక్క దేశం పరిధిలోనో, ఏ ఒక్కరి చేతిలోనో లేదు. యావత్ ప్రపంచ ప్రజలు సమైఖ్య బాధ్యత వహించి, నడుం బిగిస్తే గాని ఈ సమస్య పూర్తిగా సమసిపోదు. కాని ఈ దిశలో గ్రంథ రచనలు ఎక్కువగా సాగనందువల్ల, ప్రజలను పర్యావరణం పట్ల చైతన్యవంతం చేయడానికి కావలసిన గ్రంథ సముదాయాలు తగినంతగా కనబడటంలేదు. అందువల్ల పర్యావరణ సమస్యను సవాలుగా తీసుకొని,'పర్యావరణం అంటే ఏమిటి? తత్సంబంధ సమస్యలేమిటి? తత్ నివారణ పద్ధతులేమిటి?' మొదలైన సూక్ష్మ-స్థూల అంశాలకు సమాన ప్రాధాన్యతనిస్తూ ప్రజా బాహుళ్యానికి, ముఖ్యంగా ప్రాథమిక స్థాయి నుంచి ఉన్నత స్థాయి, విశ్వవిద్యాలయ విద్యార్థులకు పూర్తి అవగాహన నిమిత్తం మేము ఈ రచనకు పూనుకోవడం జరిగింది. దీని ఫలితమే 'పర్యావరణ జీవశాస్త్రం' అనే ఈ గ్రంథం రూపొందడానికి అవకాశం ఏర్పడింది.

ఈ గ్రంథంలో మూల ప్రమాణాలైన ఆవరణ వ్యవస్థలు, వాటి లక్షణాలు, రకాలు, నిర్మాణం, విధి నిర్వహణ, పరిణామం గురించి విపులంగా చర్చించడమైంది. వనరుల యాజమాన్య ప్రాముఖ్యాన్ని దృష్టిలో ఉంచుకొని, జీవ, నిర్జీవ ఉత్పత్తులను, వాటి ఉత్పాదనా పద్ధతులను బహుళంగా విశదీకరించడమైంది. సహజవనరులు అమూల్యమైన ప్రకృతి వరాలు. కాబట్టి వాటి సంరక్షణ, యాజమాన్యం గురించి పూర్తి వివరాలను కూలంకషంగా చర్చించడమైంది. పారిశ్రామిక విప్లవం, హరిత విప్లవం, జనాభా పెరుగుదలల పుణ్యమా అని కాలుష్యం కోరలు చాచింది. అందువల్ల కాలుష్యం, రకాలు, నివారణ చర్యలు, చట్టాలు గురించి విస్తృతంగా వివరించడమైంది. పర్యావరణ సమతౌల్యానికి మొదటిమెట్టు పర్యావరణ విద్య. దీనిని గురించిన శ్రద్ధాసక్తులు, అవగాహన, అధ్యయనం, అభ్యాసం మొదలైన అంశాలను వివిధ కోణాలలో విపులీకరించడమైంది. పర్యావరణ జీవశాస్త్రానికి పట్టుకొమ్మలు జాతీయ, అంతర్జాతీయ పర్యావరణ సంస్థలు. కాబట్టి వాటి ఉనికి, అభివృద్ధి, విధులు మొదలైన విషయాలను లోతుగా చర్చించడమైంది.

పై విధంగా, నేటి పర్యావరణ కీలక సమస్యలు, వాటి అవగాహన, పరిష్కార మార్గాలకు సంబంధించి అత్యాధునిక సమాచారాన్ని, సుబోధకంగా, సులభశైలిలో, చక్కని పటాలతో, ప్రజాబాహుళ్యానికి ముఖ్యంగా విద్యార్థినీ విద్యార్థులకు తెలియజేయడమనే లక్ష్యంతో ఈ గ్రంథం రచించడమైంది. ఈ లక్ష్యసాధనకు మాకు అన్ని విధాల ఆశీస్సులను, సూచనలను, సలహాలను, సహకారాలను అడుగడుగున అందించిన మా గురువులు, మిత్రులు, శ్రేయోభిలాషులు ఆచార్య జాఫర్ నిజాం, ఆచార్య ఎ.ఆర్.జాఫర్, ఆచార్య శ్రీమతి బల్లా, ఆచార్య శ్రీమతి విద్యావతి, ఆచార్య దిగంబరరావు, డా. ఎం.డి. ముస్తఫా, డా. ఎం. మారుతీరావు, డా. బి.నోయల్ నిర్మల, శ్రీ ఎ. నందయ్య, శ్రీ సిహెచ్. శంకరయ్యగార్లకు మేము సర్వదా కృతజ్ఞులం. ఈ గ్రంథంలోని పటాలను గీసిన చిత్రకారులు శ్రీ ఆర్. వెంకటేశంగారికి, వాటిని కంప్యూటర్ ద్వారా గీసి ఇచ్చిన శ్రీ ఎం. లక్ష్మణ్‌గారికి మా ప్రత్యేక కృతజ్ఞతలు తెలియజేస్తున్నాం.

సహృదయంతో పాఠకులు చేసే సూచనలను, విమర్శలను వినయపూర్వకంగా స్వీకరించి పునర్ముద్రణలో సవరించగలమని మనవి చేస్తున్నాం.

విషయసూచిక

పర్యావరణ జీవశాస్త్రం స్వభావం, ప్రాముఖ్యం

ఇకాలజి (Ecology) అన్న పదానికి గ్రీకు భాషలో Oikos = ఆవాసం; logos = అధ్యయనం అని అర్థాలున్నాయి. అందువల్లనే జీవులు, వాటి ఆవాసాల చర్యా ప్రతిచర్యల అధ్యయనాన్ని 'ఆవరణశాస్త్రం' అంటారు. ఆవరణశాస్త్రం అనే పదాన్ని ప్రప్రథమంగా హెన్రీ డేవిడ్ థోరు (Henry David Thoreau, 1858) పర్యావరణ అధ్యయనానికి ఉపయోగించాడు. ఆవరణశాస్త్రానికి అనేక నిర్వచనాలున్నప్పటికీ ఆవరణ వ్యవస్థ నిర్మాణం, విధులు, పరిసర కారకాల గురించిన అధ్యయనాన్నే "ఆవరణశాస్త్రం" అని అందరూ అంగీకరించారు (**Odum, 1971**). ఆవరణశాస్త్రంలో ఒక భాగమైన అనువర్తిత ఆవరణశాస్త్రమే (Applied Ecology) పర్యావరణ జీవశాస్త్రం (Environmental Biology).

అధిక జనాభా, ఆహారం కొరత, ఆరోగ్యక్షీణత, సహజవనరుల తరుగుదల, కాలుష్యం, అనేక సామాజిక, ఆర్థిక సమస్యలు ప్రజ్వలించడం ద్వారా మానవుని మనుగడకు అంతరాయమేర్పడనున్న దృష్ట్యా పర్యావరణం అధ్యయనం ప్రాథమిక స్థాయి నుంచి ఉన్నత స్థాయి వరకు నిర్బంధంగా ఇప్పుడిప్పుడే ప్రారంభమైంది. పర్యావరణ అధ్యయనంలో జీవ, నిర్జీవ అనుఘటకాలు, కాలమాన పరిస్థితులే కాకుండా ఆధ్యాత్మిక, భౌతిక, రసాయనిక, మానసిక, సామాజిక, ఆర్థిక, విద్యాపరమైన అనేక అంశాలు ఉంటాయి. పర్యావరణ జీవశాస్త్రానికి పరిధులు లేవనే చెప్పాలి. ఈ శాస్త్రానికి దాదాపు అన్ని శాస్త్రాలతో సంబంధాలు ఉంటాయి. దీని అధ్యయనానికి ముఖ్యంగా జాగ్రఫీ, క్లైమాటాలజీ, పెడోలజి, మైక్రోబయాలజి, బయోకెమిస్ట్రీ, బయోఫిజిక్స్, బయోమెట్రి, ఫిజియాలజి, సోషియాలజి, బాటనీ, జువాలజి, ఎకనామిక్స్ మొదలైన శాస్త్రాల పరిజ్ఞానం బాగా తెలిసి ఉండాలి.

చరిత్ర కందని కాలం నుంచి నేటి వరకు మానవుడు సహజవనరులను విచక్షణా రహితంగా స్వల్ప స్వలాభాల కోసం బహుముఖంగా వినియోగించుకుంటున్నాడు. అందుమూలంగా పర్యావరణ నాణ్యత చాలా వరకు దెబ్బతింది. నిజానికి మానవుడు సాధించిన ప్రగతి శ్లాఘించదగిందే అయినప్పటికీ దాని ప్రభావం విపరీత పరిణామాలకు దారితీసి జీవి మనుగడకే సవాలుగా మారిందని పలువురు మేధావులు ఆందోళన వ్యక్తం చేస్తున్నారు. ఈ పరిస్థితికి కారణం పర్యావరణం గురించి, ఆవరణ వ్యవస్థల గురించి సమగ్రంగా తెలిసికోలేకపోవడం, శిక్షణ లేని అధికారులు ప్రణాళికాధినేతలు అభివృద్ధి పథకాలు చేపట్టడం మొదలైనవి. అయితే ఇపుడు అభివృద్ధి పథకాలతో పాటు సహజవనరుల సంరక్షణ, కాలుష్య నివారణ వంటి చర్యలు చేపట్టి పర్యావరణ నాణ్యతను పరిరక్షించి, జీవి మనుగడకు దోహదం చేయవలసిన అవసరం ఆసన్నమైంది.

పర్యావరణ సమస్యలను పరిష్కరించడానికి, యుక్తమైన పరికరాలను సంపాదించుకోవడానికి అవసరమైన కుతూహలం గల పరిశోధనలు అవసరం. పర్యావరణ జీవశాస్త్ర పఠనం ఇటువంటి

పర్యావరణ జీవశాస్త్ర పరిజ్ఞానం అత్యవసరం. నేడు ప్రపంచమంతటా అన్ని విశ్వవిద్యాలయాలలోను పర్యావరణ జీవశాస్త్రం, ఆవరణశాస్త్రం ఒక ప్రత్యేక పాఠ్యభాగంగా రూపొందించడానికి కారణం ఆవరణశాస్త్రవేత్తలు ఈ రంగంలో చేసిన కృషియే అని చెప్పక తప్పదు. సామాజిక, ఆర్థిక అభివృద్ధికి సంబంధించిన ఎన్నో కీలక స్థానాలలోను, పారిశ్రామిక వ్యవసాయ రంగాలలోను పర్యావరణ జీవశాస్త్రంలో శిక్షణ నైపుణ్యం పొందిన వారి అవసరం ఎంతైనా ఉంది. ప్రస్తుతం ఆధునిక ప్రపంచం పర్యావరణ జీవశాస్త్రం ప్రాముఖ్యతను బహుముఖంగా గుర్తించింది. ఈ శాస్త్రంలో నిపుణత ఉన్నవారికి వర్ధమాన దేశాలలో, అభివృద్ధి కార్యక్రమాలను సక్రమంగా రూపొందించడంలోను, ఆ కార్యక్రమాలను అమలు పరచడానికి తోడ్పడటంలోను ప్రత్యేక స్థానం ఇవ్వడం జరుగుతుంది.

ప్రత్యేకించి సహజవనరులను సంరక్షించడం, వ్యవసాయ, పారిశ్రామిక రంగాలలో తత్సంబంధ విధానాలకు పర్యావరణ సూత్రాలను అన్వయించడం ద్వారా అనేక కీలక సమస్యలు పరిష్కరించడానికి తోడ్పడటమే ఈ పర్యావరణ జీవశాస్త్రం పరమ లక్ష్యం. ఈ శాస్త్రంలో మేము చర్చించిన ముఖ్యమైన అంశాలు :

1. ఆవరణ వ్యవస్థ
2. ఉత్పాదన
3. సహజవనరులు
4. కాలుష్యం
5. పర్యావరణ కాలుష్య నివారణ చట్టాలు
6. పరిసరాల విద్య
7. అంతర్జాతీయ పర్యావరణ సంస్థలు

2.
ఆవరణ వ్యవస్థ
(ECOSYSTEM)

ఆవరణశాస్త్రం (Ecology) లో 'ఆవరణ వ్యవస్థ' (Ecosystem) అన్న పదాన్ని ప్రప్రథమంగా ప్రతిపాదించిన మహాశయుడు బ్రిటిష్ ఆవరణ శాస్త్రవేత్త (British Ecologist) అయిన **ఎ.జి. టాన్స్లే (A.G. Tansley, 1935)**. అయితే ఎ.జి. టాన్స్లే కంటే ముందే కార్ల్‌మోబియస్ (Karl Mobius, 1887), ఎస్.ఎ. ఫోర్బ్స్ (S.A. Forbes, 1887), ఫ్రెడరిక్స్ (Friederichs, 1930) లు వరుసగా బయోసీనోసిస్ (Biocoenosis), మైక్రోకాసమ్ (Microcosm), హోలోసీన్ (Holocene) వంటి పదాలను ఆవరణవ్యవస్థ (Ecosystem) అన్న పదానికి సాదృశ్యపదాలుగా వాడారు. ఎ.జి. టాన్స్లే తర్వాత థెన్‌మన్ (Thienemann, 1939), లిండెమన్ (Lindeman, 1942), డోకుచీవ్, మొరోజోవ్, సుకాచెవ్ (Dokuchaev, Morozove and Sukachev, 1944) లు; వెర్నాడ్‌స్కై (Vernadsky, 1944), ఓడమ్ (Odum, 1963, 1971), బిల్లింగ్స్ (Billings, 1964), మక్‌ఫాడియెన్ (Mac Fadyen, 1964), మిశ్రా (Misra, 1968, 1969, 1969a) మొదలైన శాస్త్రవేత్తలు ఆవరణ వ్యవస్థపై విస్తృత పరిశోధనలు జరిపి ఎంతో పరిజ్ఞానాన్ని సంగ్రహించి, ఆవరణ వ్యవస్థ అన్న పదానికి 'జియో బయోసీనోసిస్' (Geobiocoenosis), బయోసిస్టమ్ (Biosystem), బయోఇనర్ట్ బాడీ (Bio-inert body), ఇకోకాసమ్ (Ecocosm) మొదలైన పర్యాయ పదాల ద్వారా వారి భావనలు వెలిబుచ్చారు. అయినప్పటికీ ఆవరణ వ్యవస్థ అనే పదానికి అన్ని పదాల కంటే స్ఫూర్తి ప్రాముఖ్యత ఉంది. అయితే బ్యారెట్ (Barrett, 1978) అన్న ఆవరణ శాస్త్రవేత్త ఆవరణ వ్యవస్థ అన్న పదంపై వ్యాఖ్యానిస్తూ ఇది కేవలం నిర్మాణాత్మకమైన, విధుల సంబంధమైన విషయాలకే పరిమితమైనదనీ, దీని స్థానంలో భౌతిక, రసాయనిక, సామాజిక, సాంస్కృతిక, పర్యావరణ సంబంధ విషయాలతో ప్రమేయమున్న "నూసిస్టమ్" (Noosystem), అనే కొత్తపదాన్ని ప్రతిపాదించి, అది ఆవరణశాస్త్రంలో మూల ప్రమాణమని నిర్వచించాడు.

ఆవరణ వ్యవస్థ అంటే ఏమిటి ?

"జీవ సముదాయాలు, పరిసరాల మధ్య నిర్మాణాత్మకమైన చర్యా ప్రతిచర్యల మూలంగా జరిగే సజీవ-నిర్జీవ పదార్థాల వినిమయాన్ని (exchange) స్థూలంగా "ఆవరణ వ్యవస్థ" అంటారు. జీవుల చుట్టూ ఉండే మృత్తిక, గాలి, నీరు మొదలైన కారకాలను సమిష్టిగా పరిసరాలని అంటారు. జీవరాశులను, వాటి జనాభాలను పరిసరకారకాలు ప్రత్యక్షంగా కాని, పరోక్షంగా కాని ప్రభావితం చేస్తాయి. ప్రకృతిలో జీవరాశులు, వాటి పరిసరాలు వేరుపరచలేనంత అతి సన్నిహితంగా ఉంటాయి. జీవ-రాశులు, జనాభాలు, సముదాయాలు, అవి నివసించే పరిసరాలు కలిసి ఆవరణ సంక్లిష్టం (Ecological Complex) లేదా ఆవరణ వ్యవస్థ (Ecosystem) ఏర్పడుతుంది. ఆవరణ వ్యవస్థలో జీవసంబంధమైన సజీవులు, నిర్జీవ సంబంధమైన పరిసరాలు, వాటి పోషణ-నిర్వాహణల్లోపరస్పర ప్రభావాలను కలిగి ఉన్నందువల్ల, ఆవరణ వ్యవస్థను, ఆవరణ శాస్త్రంలో మూలమైన 'విధినిర్వహణ ప్రమాణ'మని కూడా అంటారు.

జార్జి యుషర్ (George Usher, 1965) రాసిన వృక్షశాస్త్ర శబ్దార్థకోశం ప్రకారం ఒక ప్రాంతంలోని మొక్కలు, జంతువులు, సూక్ష్మజీవులు, వాయువు, నీరు, మృత్తిక, ఉష్ణం, కాంతి, శబ్దం మొదలైన పరిసరాల కారకాలు, తత్సంబంధ చర్యలను సమిష్టిగా 'ఆవరణ వ్యవస్థ' అని నిర్వచించడం జరిగింది. అదే విధంగా వృక్షాలు, జంతువులు వాటివాటి పరిసరాలలో పరస్పర చర్యల ద్వారా శక్తి, ఇంకా పదార్థాలు ఒక జీవరాశి నుంచి వేరొకదానికి విస్తరణ చెందే భ్రమణాన్ని "ఆవరణ వ్యవస్థ" అని వుడ్‌బరీ(Woodbury, 1954) నిర్వచించాడు. **ఓడమ్ (Odum, 1971)** ఒక ప్రాంతంలోని జీవసముదాయాలు పర్యావరణ భౌతిక కారకాలతో పరస్పర చర్యలకు లోనైనపుడు సజీవులు, నిర్జీవుల మధ్య శక్తి ప్రవాహం, పదార్థాల వినిమయం జరిగే వ్యవస్థను ఆవరణ వ్యవస్థ అని నిర్వచించాడు. మైఖేల్ అల్లబీ (Michael Allaby, 1983) రాసిన పర్యావరణ శబార్థకోశంలో ఒక ప్రదేశంలోని జీవసముదాయంలో పరస్పర సహాయ సహకారాలతో బ్రతికే జీవరాశులు, వాటి పరిసరాలను కలిసి సమిష్టిగా "ఆవరణ వ్యవస్థ" గా నిర్వచించడం జరిగింది.

ఆవరణ వ్యవస్థలో అనుఘటకాలు (Components) పరస్పర చర్యల ద్వారా ఒకదానిపై ఒకటి ఆధారపడి బహిర్గతంగా సన్నిహిత సంబంధాలను కల్గి ఉంటాయి. స్వయంసమృద్ధిగల వృక్ష-జంతు సముదాయాలు, వాటి పరిసరాలను "సరళ ఆవరణ వ్యవస్థ" (Simple Ecosystem) అనవచ్చు. ఒక ఆవరణవ్యవస్థ పరిమాణంలో అతి సూక్ష్మమైన నీటి బిందువు మొదలుకొని అతి స్థూలమైన సముద్రం వరకు కూడా ఉండవచ్చు. ఒక ఆవరణ వ్యవస్థ కొలను లేదా పంటపొలాల వంటి తాత్కాలికమైందిగా గానీ, అరణ్యం లేదా సముద్రం వంటితాత్కాలికమైనది గానీ కావచ్చు. సమతుల్యత గల నీటి కొలనును కల్పితమైన స్వయంసమృద్ధి గల ఒక ఆవరణ వ్యవస్థగా వర్ణించవచ్చు. అయితే సహజంగా స్వయం సమృద్ధిగల కొలను లాంటి ఆవరణ వ్యవస్థ అరుదుగా ఉంటుంది. వివిధ ఆవరణ వ్యవస్థలు ఒకదానికొకటి కాలమాన పరిస్థితులలో వేరు చేయబడినప్పటికినీ అవి అన్నీ నిజానికి ఒక దానికొకటి చర్యా, ప్రతిచర్యల ద్వారా సన్నిహిత సంబంధాలు కల్గి ఉన్నందు వల్ల వాటన్నింటినీ ఒకే ఒక 'బ్రహ్మాండమైన ఆవరణ వ్యవస్థ' గా అభివర్ణించవచ్చు. దీనినే 'జీవావరణ వ్యవస్థ' (Biosphere) అంటారు.

పై విధంగా ఆవరణ వ్యవస్థలో జీవరాశులు, పరిసరాలు వాటి చర్యా, ప్రతిచర్యలతో ఎల్లకాలం శక్తి మరియు పదార్థాల భ్రమణం చేత మార్పులు చేర్పులు చెందుతుంటాయి. అందుచేతనే ఆవరణశాస్త్రంలో జీవ అనుఘటకాలు, నిర్జీవ అనుఘటకాలు ఒకదానిపై ఒకటి ప్రభావం చూపే ఆవరణ వ్యవస్థను విధి నిర్వాహణా సంబంధమైన మూల ప్రమాణమని అంటారు. ఆవరణ వ్యవస్థలలో జరిగే శక్తి ప్రవాహం, పదార్థాల భ్రమణం వల్ల, ఆహార విలువలు ఒక రూపం నుంచి వేరొక రూపానికి మార్పు చెందుతూ, జీవుల పుట్టుక, పెరుగుదల, ముసలితనం, మరణం, విచ్ఛిత్తి మొదలైన ప్రక్రియలు నిర్ణీత వలయాల ద్వారా జరుగుతాయి.

ఆవరణ వ్యవస్థ లక్షణాలు (Characters of Ecosystem)

స్మిత్ **(Smith, 1966)** ఆవరణ వ్యవస్థను కూలంకషంగా పరిశోధించి ఈ కింది లక్షణాలను క్రోడీకరించాడు.

1. ఆవరణశాస్త్రంలో-ఆవరణవ్యవస్థ ఒక నిర్మాణాత్మకమైన విధి నిర్వాహణ సంబంధమైన పెద్దప్రమాణం.

2. సరళ ఆవరణవ్యవస్థలోనూ సంక్లిష్ట ఆవరణ వ్యవస్థలోనూ కూడా వివిధ రకాల జీవరాశులు, వివిధ పరిసరాలు ఉంటాయి.
3. ఆవరణవ్యవస్థలో శక్తిప్రవాహం, పదార్థాల భ్రమణం మొదలైన విధులు ముఖ్యంగా నిర్వహించబడుతాయి.
4. ఆవరణవ్యవస్థలు పోషణకోసం సాధారణంగా వాటి నిర్మాణంపైననే ఆధారపడి తగు మాత్రంలో శక్తిని వినియోగించుకొంటాయి. అయితే సంక్లిష్ట నిర్మాణం గల ఆవరణ వ్యవస్థల పోషణకు కొద్ది మాత్రంలోనే శక్తి అవసరమవుతుంది.
5. సరళ ఆవరణ వ్యవస్థ సంక్లిష్ట ఆవరణ వ్యవస్థగా వృద్ధి చెందినపుడు అన్ని విధాలా పరిపూర్ణంగా ఉంటుంది. ఆవరణ వ్యవస్థలు అంచెలంచెలుగా పెరిగినపుడు ప్రతి జీవద్రవ్యరాశి (Biomass) ప్రమాణానికి తగిన శక్తి ప్రవాహం కూడా పెరుగుతుంది. అయితే పరిపూర్ణత గల ఆవరణ వ్యవస్థలలో వివిధ అనుఘటకాల (Components) ద్వారా తక్కువ శక్తి ప్రవాహం జరిగి తక్కువ శక్తి పోగవుతుంది.
6. ఏదైనా ఒక ఆవరణ వ్యవస్థలో పరిసరాలు, శక్తి రెండూ కూడా స్థిరంగా ఉండి, అవధులు దాటనప్పుడు విపరీత పరిణామాలు ఏర్పడవు.
7. పరిసరాల మార్పులకు జనాభాలలో ప్రతిస్పందన జరిగి, అవి పరిసరాలకనుగుణంగా తమ జీవన విధానాన్ని సరిచేసుకుంటాయి. మారిన పరిసరాలకు అనుగుణంగా జీవన విధానాన్ని సరిచేసుకోలేని జీవరాశులు క్రమంగా నశిస్తాయి. అంటే అవి జీవనపోరాటంలో రాణించలేవు.

ఆవరణ వ్యవస్థలు - రకాలు
(Kinds of Ecosystem)

ఆవరణ వ్యవస్థలు స్థూలంగా రెండు రకాలుంటాయి.

1. సహజ ఆవరణ వ్యవస్థ 2. కృత్రిమ ఆవరణ వ్యవస్థ

1. సహజ ఆవరణ వ్యవస్థ (Natural Ecosystem)

ప్రకృతిసిద్ధంగా ఆవిర్భవించిన సాధారణ ఆవరణ వ్యవస్థలను సహజ ఆవరణ వ్యవస్థలని అంటారు. వివిధ పరిసరాల ఉనికిని బట్టి సహజ ఆవరణ వ్యవస్థను తిరిగి 1. భౌమ ఆవరణ వ్యవస్థ (Terrestrial Ecosystem), 2. జల ఆవరణ వ్యవస్థ (Aquatic Ecosystem) అన్న రెండు ఆవరణ వ్యవస్థలుగా విభజించవచ్చు.

1. భౌమ ఆవరణ వ్యవస్థ (Terrestrial Ecosystem)

భౌమ ఆవరణ వ్యవస్థను తిరిగి 1. అరణ్య ఆవరణ వ్యవస్థ (Forest Ecosystem), 2. గడ్డి మైదానం ఆవరణ వ్యవస్థ (Grass land Ecosystem), 3. ఎడారి ఆవరణ వ్యవస్థ (Desert Ecosystem) మొదలైన ఆవరణ వ్యవస్థలుగా విభజించవచ్చు.

2. జల ఆవరణ వ్యవస్థ (Aquatic Ecosystem)

జలఆవరణ వ్యవస్థను మంచినీటి జల ఆవరణ వ్యవస్థ (Fresh Water Ecosystem), సముద్ర

జల ఆవరణ వ్యవస్థ (Marine Ecosystem) అన్న రెండు రకాలుగా విభజించవచ్చు. మంచినీటి జల ఆవరణ వ్యవస్థను తిరిగి (ఎ) ప్రవాహనీటి జల ఆవరణ వ్యవస్థ (Lotic Ecosystem) (బి) నిలకడైన నీటి జలావరణ వ్యవస్థ (Lentic Ecosystem) అనే రెండు రకాలుగా విభజించవచ్చు. ప్రవాహ నీటి జలావరణ వ్యవస్థకు ఉదాహరణ నదులు. నిలకడ నీటి జలావరణ వ్యవస్థకు సరస్సు (Lake), కొలను (Pond) చక్కటి ఉదాహరణలు.

అదే విధంగా సముద్ర జల ఆవరణవ్యవస్థను తిరిగి (ఎ) లోతు తక్కువ సముద్ర జలఆవరణ వ్యవస్థ (Estuary) (బి) లోతు ఎక్కువ సముద్రజల ఆవరణ వ్యవస్థ (Deep Ocean) అన్న రెండు రకాలుగా విభజించవచ్చు. సముద్ర తీర ప్రాంతాలు లోతు తక్కువ సముద్రజల ఆవరణ వ్యవస్థకు ఉదాహరణ. సముద్రం మధ్యభాగం లోతు ఎక్కువ సముద్రజల ఆవరణవ్యవస్థకు ఉదాహరణ.

2. కృత్రిమ ఆవరణ వ్యవస్థ (Artificial Ecosystem or Man Engineered Ecosystem)

మానవుని చేత నిర్మితమైన ఆవరణ వ్యవస్థలను కృత్రిమ ఆవరణ వ్యవస్థలని అంటారు. ఇవి పంటపొలాల ఆవరణ వ్యవస్థ (Crop land ecosystem), పారిశ్రామిక ఆవరణ వ్యవస్థ (Industrial ecosystem), ప్రయోగశాల ఆవరణ వ్యవస్థ (Laboratory ecosystem) మొదలైన అనేక రకాలుగా విభజించవచ్చు.

పైన తెలిపిన ఆవరణ వ్యవస్థలతో పాటు అంతరాళ ఆవరణ వ్యవస్థ (Space craft ecosystem), సూక్ష్మజీవి ఆవరణ వ్యవస్థ (Microbial ecosystem) అన్న అధునాతన ఆవరణ వ్యవస్థలను కూడా గుర్తించడమైంది.

ఆవరణ వ్యవస్థ నిర్మాణం
(Stucture of the Ecosystem)

సహజ ఆవరణ వ్యవస్థలోకాని లేదా కృత్రిమ ఆవరణ వ్యవస్థలో కాని నిర్మాణంలో ముఖ్యంగా రెండు రకాల అనుఘటకాలు ఉంటాయి. అవి -

1. నిర్జీవ అనుఘటకాలు 2. జీవ అనుఘటకాలు

1. నిర్జీవ అనుఘటకాలు (Abiotic Components)

ఆవరణ వ్యవస్థలో జీవంలేని పదార్థాలను నిర్జీవఅనుఘటకాలు అంటారు. ప్రతి ఆవరణ వ్యవస్థలో నిర్జీవ అనుఘటకాలు తప్పకుండా ఉంటాయి. నిర్జీవ అనుఘటకాలు సాధారణంగా 1. వాతావరణ కారకాలు (Climatic regime) 2. నిరింద్రియ పదార్థాలు (Inorganic Substances) 3. కర్బన సంయోగ పదార్థాలు (Organic Compounds) అన్న మూడు రకాలుగా ఉంటాయి. ఉష్ణం (temperature), కాంతి (light), నీటి pH విలువ మొదలైనవి వాతావరణ కారకాలకు ఉదాహరణ. నిరింద్రియ, సేంద్రియ యౌగికాలకు ఉదాహరణ నైట్రోజన్ (N), హైడ్రోజన్ (H), ఆక్సిజన్ (O), ఫాస్ఫరస్ (P), కాల్షియమ్ (Ca), సల్ఫర్ (S) మొదలైన అనేక మూలకాలు, వాటి యొక్క లవణాలు. అదే విధంగా కర్బన పదార్థాలకు ఉదాహరణ కార్బోహైడ్రేటులు, కార్బన్ (C), ప్రోటీన్‌లు,

విటమినులు, కేంద్ర కామ్లాలు. కాని కేంద్రకామ్లాలు (Nucleic acids), హ్యూమిక్ ఆమ్లాలు (Humic acids), కొవ్వులు (Lipids) మొదలైన పదార్థాలు నిర్జీవ అనుఘటకాలకు, సజీవ అనుఘటకాలకు సన్నిహిత సంబంధాన్ని కల్గి ఉంటాయి. ప్రోటీన్లు, విటమినులు కూడా నిర్జీవ, సజీవ అనుఘటకాలకు సంబంధించినవే.

2. జీవ అనుఘటకాలు (Biotic Components)

ప్రతి ఆవరణ వ్యవస్థలో వివిధ రకాల జీవరాశులుంటాయి. వీటినే జీవ అనుఘటకాలు అంటారు. ఆవరణ వ్యవస్థలోని వృక్షాలను, జంతువులను వాటి పోషణ సంబంధ విషయాల (trophic stand point) ననుసరించి జీవ అనుఘటకాలను తిరిగి స్వయంపోషిత అనుఘటకాలు (autotrophs), పరపోషిత అనుఘటకాలు (heterotrophs) అని రెండు రకాలుగా విభజించారు. ఆహార పదార్థాలను స్వయంగా తయారుచేసుకొనే స్వయంపోషిత అనుఘటకాలను (మొక్కలు) 'ఉత్పత్తిదారులు' (Producers) అనీ, ఆహార పదార్థాలను స్వయంగా తయారు చేసుకోలేక ఇతర వాటిమీద ఆధారపడే పరపోషిత అనుఘటకాలను (జంతువులు) 'వినియోగదారులు' (Consumers) అనీ అంటారు.

ఎ) ఉత్పత్తి దారులు (Producers) :

ఉత్పత్తిదారులను వాటి స్వరూపాన్ని బట్టి 1. స్థూల వృక్షాలు (Macroplants), 2. సూక్ష్మ వృక్షాలు (Microplants) అని రెండు రకాలుగా విభజించవచ్చు. శిలీంధ్రాలను మినహాయిస్తే శైవలాల నుండి ఆవృత బీజాల వరకు ప్రతిమొక్కను స్థూల వృక్షాలకు ఉదాహరణగా ఇవ్వవచ్చు. సూక్ష్మ వృక్షాలలో ముఖ్యమైనవి కిరణజన్య సంయోగ క్రియ జరిపే బాక్టీరియమ్‌లు (Photosynthetic Bacteria), కీమోసింథటిక్ బాక్టీరియమ్‌లు (Chemosynthetic Bacteria), నైట్రోజన్ బాక్టీరియమ్‌లు (Nitrogen Bacteria), హైడ్రోజన్ బాక్టీరియమ్‌లు(Hydrogen Bacteria), సల్ఫర్ బాక్టీరియమ్‌లు (Sulphur Bacteria)మొదలైనవి. స్థూల వృక్షాలే కాని లేదా సూక్ష్మవృక్షాలే కాని నీరు, కార్బన్‌డయాక్సైడ్ వాయువు మొదలైన ముడి పదార్థాలతో సౌరశక్తిని వినియోగించుకొని హరిత రేణువులలో కిరణజన్య సంయోగక్రియ జరిపి పిండి పదార్థాలను తయారు చేసుకొని స్వయంపోషక విధానాన్ని అవలంబిస్తాయి. ఈ కర్బన పదార్థాలు మొక్క వివిధ జీవన క్రియల నిర్వాహణలో, మొక్క పెరుగుదలలో, ఫలాల అభివృద్ధిలో ఉపయోగపడతాయి. ఈ కర్బన పదార్థాలే యావత్ ప్రపంచాన్ని ప్రత్యక్షంగానో లేదా పరోక్షంగానో పోషిస్తున్నాయి. ఈ కిరణజన్య సంయోగక్రియ ద్వారా ఉత్పన్నమైన ఉప-ఉత్పాదితం ఆక్సిజన్ వాయువు. ఈ వాయువు సర్వ ప్రాణులకు ప్రాణాధారం కాబట్టి దీనిని ప్రాణవాయువని అంటారు.

బి) వినియోగదారులు (Consumers) :

తమ ఆహారం కోసం ఇతర వనరుల మీద ఆధారపడి బ్రతికే జీవరాషులను వినియోగదారులని లేదా పరపోషితాలని అంటారు. వినియోగదారులు తమ ఆహారం కోసం ప్రత్యక్షంగా కాని, పరోక్షంగా కాని ఆధారపడి బ్రతుకుతాయి. వినియోగదారులను తిరిగి I) స్థూల వినియోగదారులు II) సూక్ష్మ వినియోగదారులని రెండు రకాలుగా విభజించవచ్చు.

I. స్థూల వినియోగదారులు (Macro Consumers) :

ఆహారపదార్థాలను మ్రింగి జీర్ణించుకునే వినియోగదార్లను స్థూల వినియోగదారులని అంటారు. స్థూల వినియోగదార్లను వాటి ఆహార ప్రవృత్తిని బట్టి నాలుగు రకాలుగా విభజించవచ్చు. అవి -

1. ప్రాథమిక వినియోగదారులు (Primary consumers)
2. ద్వితీయ వినియోగదారులు (Secondary consumers)
3. తృతీయ వినియోగదారులు (Tertiary consumers)
4. ఉన్నత శ్రేణి వినియోగదారులు (Top carnivores)

1. ప్రాథమిక వినియోగదారులు (Primary Consumers) :

వేళ్ళు, కాండాలు, పత్రాలు, పుష్పాలు, ఫలాలు మొదలైన వృక్షభాగాలపై లేదా వాటి అవశేషాలపై ఆధారపడి శాకాహారులు (Herbivores) గా బ్రతికే జీవరాశులను (జంతువులు) ప్రథమ లేదా ప్రాథమిక వినియోగదారులని అంటారు. అమీబా, చిన్నచేప, జింక, కుందేలు, ఆవు, గుర్రాలు, ఏనుగు మొదలైన జంతువులన్నింటినీ ప్రాథమిక వినియోగదారులంటారు. ఇవి వృక్షాలపై ప్రత్యక్షంగా ఆధారపడి బ్రతుకుతాయి.

2. ద్వితీయ వినియోగదారులు (Secondary Consumers) :

ద్వితీయ వినియోగదారులు వివిధ వృక్ష భాగాలపైనా ప్రథమ వినియోగదారులపైనా ఆధారపడి సర్వభక్షకాహారులు (Omnivores) గా బ్రతుకుతాయి. కప్ప, పెద్ద చేప, కుక్క, మనిషి మొదలైనవి ద్వితీయ వినియోగదారులకు చక్కని ఉదాహరణలు.

3. తృతీయ వినియోగదారులు (Tertiary Consumers) :

ప్రథమ వినియోగదారులను, ద్వితీయ వినియోగదార్లను ఆహారంగా స్వీకరించి మాంసాహారులు (Carnivores) గా బ్రతికే జీవరాశులను తృతీయ వినియోగదారులని అంటారు. ఉదాహరణ పాము. ఇది కీటకాలను, కప్పలను మొదలైన ద్వితీయ వినియోగదారులను భక్షిస్తుంది.

4. ఉన్నతశ్రేణి వినియోగదారులు (Top Consumers) :

సింహం (Lion), పెద్దపులి (Tiger), చిరుతపులి (Leopard), రాబందు (Vulture) మొదలైన జంతువులను ఇతర క్షుద్ర జంతువులు భక్షించవు. ఈ ఉన్నత శ్రేణి జంతువులు ప్రథమ, ద్వితీయ, తృతీయ వినియోగదారులను భక్షించి బ్రతుకుతాయి. కాబట్టి వీటిని ఉన్నతశ్రేణి వినియోగదారులు లేదా ఉన్నతశ్రేణి మాంసాహారులు (Top Carnivores) అంటారు.

II. సూక్ష్మ వినియోగదారులు (Micro Consumers) :

స్థూల, సూక్ష్మ ఉత్పత్తిదారుల, స్థూల వినియోగదారుల విసర్జకాలను మరియు మృత కళేబరాలను విచ్ఛిన్నం చేసి సరళ పదార్థాలుగా రూపొందించే సూక్ష్మజీవులను సూక్ష్మ వినియోగదారులు లేదా విచ్ఛిన్నకారులు (Decomposers) అంటారు. సూక్ష్మ వినియోగదారులకు, పూతికాహారి బాక్టీరియమ్‌లు (Saprophytic bacteria), ఆక్టినోమైసిటీస్ కు సంబంధించిన శిలీంధ్రాలు చక్కని ఉదాహరణ. సూక్ష్మ

వినియోగదారుల వల్ల సంక్లిష్టమైన మృతకళేబరాలు విచ్ఛిన్నం చేయబడి తద్వారా వివిధ వాయువులు, నైట్రేటులు మొదలైన సరళ పదార్థాలు విడివడి వాతావరణంలో, నేలలో కలిసి పోతాయి. ఈ సరళ పదార్థాలు తిరిగి ఉత్పత్తిదారులచే వినియోగించబడడం, అవి తిరిగి సూక్ష్మ వినియోగదారుల వల్ల విచ్ఛిన్నం కావడం సదా వలయం రూపంలో జరిగే ప్రక్రియ.

ఆవరణ వ్యవస్థ - విధి నిర్వాహణ
(Ecosystem - Functioning)

ఆవరణ వ్యవస్థ పూర్తి అవగాహనకు దాని విధులను క్షుణ్ణంగా తెలుసుకోవటం అత్యంతావశ్యకం. ఆహారపు గొలుసుల ద్వారా శక్తి ప్రవాహం వివిధ పదార్థాలు గల జీవ-భూ-రసాయన వలయాలలో ప్రవహించి ఆవరణ వ్యవస్థకు స్థిరత్వాన్ని, జీవికి నిరంతర మనుగడను కల్పించడమే ఆవరణ వ్యవస్థ యొక్క ప్రధానమైన విధి. జీవ, నిర్జీవ అనుఘటకాల చర్యా, ప్రతిచర్యల నిర్వాహణను 'ఆవరణ వ్యవస్థ విధి నిర్వాహణ' అంటారు. ఆవరణ వ్యవస్థ సమగ్ర విధి నిర్వాహణను ఈక్రింది అంశాల ద్వారా తెలుసుకోవచ్చు.

1. ఆహారపు గొలుసులు
2. ఇకలాజికల్ పిరమిడులు
3. ఆవరణ శాక్తేయాలు
4. ఆవరణ వ్యవస్థలో శక్తి ప్రవాహం.
5. జీవ-భూ-రసాయన వలయాలు
6. ఆవరణ వ్యవస్థ యాజమాన్యం, నిశ్చలత, యుక్తతమత
7. ఆవరణ వ్యవస్థలు - పరిణామం,

1. ఆహారపు గొలుసులు
(Food Chains)

సౌరశక్తి (Solar energy) వృక్షాలలో కిరణజన్య సంయోగక్రియ ద్వారా ఆహారశక్తి (food energy) వనరులుగా మారి, ఉత్పత్తిదారులను వినియోగదారులు భక్షించగా మళ్ళీ తిరిగి అనేక పర్యాయాలు ఆహార శక్తి ఒక దశనుంచి వేరొక దశకు బదిలీ కావడాన్ని 'ఆహారపు గొలుసు' అంటారు. ఆహారపు గొలుసులో ఉత్పత్తిదారులు (హరిత వృక్షాలు) మొట్టమొదటి పోషకస్థాయి (trophic level) లో ఉంటాయి. దీనినే ఉత్పత్తి దారుల స్థాయి (Producers level) లేదా ప్రథమ పోషక స్థాయి (Primary trophic level) అంటారు. మొక్కలను భక్షించే వివిధ శాకాహారులు ద్వితీయ పోషక స్థాయిల్లో (Secondary trophic levels) ఉంటాయి. ఈ స్థాయిని ప్రథమ వినియోగదారుల స్థాయి (Primary consumers level) అంటారు. ప్రథమ వినియోగదారులపైనా వృక్షభాగాలపైనా ఆధారపడి బ్రతికే సర్వభక్షకాహారులను ద్వితీయ వినియోగదారుల స్థాయి (Secondary consumers level) అనీ, లేదా తృతీయ పోషక స్థాయి (Tertiary trophic level)

అనీ అంటారు. ప్రథమ వినియోగదారులపైనా, ద్వితీయ వినియోగదారులపైనా ఆధారపడి బ్రతికే మాంసాహారులను తృతీయ వినియోగదారుల స్థాయి (Tertiary consumers level) అనీ, లేదా చతుర్థ పోషక స్థాయి (Quarternary trophic level) అనీ అంటారు. అయితే ఆవరణ వ్యవస్థలో సర్వభక్షకాహారైన మనిషి వృక్షాలపైనా, జంతువులపైనా ఆహారం కోసం ఆధారపడి ఆహారపు గొలుసులో ఒకటి కంటే ఎక్కువ స్థాయిలను ఆక్రమిస్తాడు. పై విధంగా ఆహారపు గొలుసులో శక్తి వరుసగా ఉత్పత్తిదారుల నుంచి ప్రథమ వినియోగదారులకు; ప్రథమ వినియోగదారులనుంచి ద్వితీయ వినియోగదారులకు, ద్వితీయ వినియోగదారుల నుంచి తృతీయ వినియోగదారులకు ప్రవహిస్తూ ఉంటుంది. ఆహార పదార్థాల బదిలీ ద్వారా ప్రతి పోషక స్థాయిలో 80% నుంచి 90% శక్తి నష్టపడి పోయి (dissipation) కొద్ది ప్రమాణాలలో మాత్రమే శక్తి వినియోగపడుతుంది. అందువల్లనే ఆహారపుగొలుసులో ఐదింటి కంటే ఎక్కువ పోషకస్థాయిలు అరుదుగా ఉంటాయి. శక్తి బదిలీల సామర్థ్యం వివిధ పోషక స్థాయిలలో వేరువేరుగా ఉండి, మారుతూంటుంది. ప్రకృతిలో సహజంగా మూడు సాధారణ ఆహారపు గొలుసులుంటాయి. అవి -

1. పచ్చిక ఆహారపుగొలుసు (Grazing food chain)
2. పూతికాహారపు గొలుసు (Detritus food chain)
3. పరాన్న ఆహారపు గొలుసు (Parasitic food chain)

1. పచ్చిక ఆహారపుగొలుసు (Grazing food chain)

హరితవృక్షాలపై వినియోగదారులు తమ ఆహారం కోసం ఆధారపడి బతకడమే 'పచ్చిక ఆహారపు గొలుసు' అంటారు. పచ్చిక ఆహారపు గొలుసులు సాధారణంగా భౌమ ఆవరణ వ్యవస్థలోనూ జల ఆవరణ వ్యవస్థలోనూ ఉంటాయి.

ఎ) భౌమ ఆవరణ వ్యవస్థలో పచ్చిక ఆహారపు గొలుసులు (Terrestrial Ecosystem - Grazing food chain)

ఇవి అనేక రకాలుగా ఉంటాయి.

1. పచ్చిగడ్డి (ఉత్పత్తిదారులు) ⟶ మిడుత (ప్రథమ వినియోగదారులు)
↓
కప్ప (ద్వితీయ వినియోగదారులు)
↓
పాము (తృతీయ వినియోగదారులు)
↓
డేగ లేదా నెమలి (చతుర్థ వినియోగదారులు)

2. పచ్చిగడ్డి (ఉత్పత్తి దారులు) ⟶ మిడుత (ప్రథమ వినియోగదారులు)
↓
పక్షులు (ద్వితీయ వినియోగదారులు)
↓
డేగ (తృతీయ వినియోగదారులు)

ఇది ఇంకొక పచ్చిక ఆహారపు గొలుసు.

3. పచ్చిగడ్డి (ఉత్పత్తి దారులు) ⟶ కుందేలు (ప్రథమ వినియోగదారులు)
↓
సింహం (ఉన్నతశ్రేణి వినియోగదారులు)
ఇది వేరొక పచ్చిక ఆహారపు గొలుసు.

4. పచ్చిగడ్డి (ఉత్పత్తి దారులు) ⟶ మేక (ప్రథమ వినియోగదారులు)
↓
మనిషి (సర్వభక్షకుడు)
ఇది మరొక పచ్చిక ఆహారపు గొలుసు.

బి) జల ఆవరణవ్యవస్థ - పచ్చిక ఆహారపు గొలుసులు
(Aquatic Ecosystem - Grazing food chain)

ఇవి రెండు రకాలు

1. నీటిమొక్కలు (ఉత్పత్తిదారులు) ⟶ నీటిపై తేలియాడే జంతువులు (ప్రథమ వినియోగదారులు)
↓
చిన్నచేపలు (ద్వితీయ వినియోగదారులు)
↓
పెద్ద చేపలు (తృతీయ వినియోగదారులు)
↓
మనిషి (సర్వభక్షకుడు)
ఇది ఒక పచ్చిక ఆహారపు గొలుసు.

2. నీటి మొక్కలు (ఉత్పత్తిదారులు) ⟶ చేపలు (ప్రథమ వినియోగదారులు)
↓
కప్ప (ద్వితీయ వినియోగదారులు)
↓
పాము (తృతీయ వినియోగదారులు)
ఇది ఇంకొక పచ్చిక ఆహారపు గొలుసు

2. పూతికాహారపు గొలుసు (Detritus food chain)

జీవుల మృతకళేబరాలపై బాక్టీరియమ్‌ల వంటి సూక్ష్మజీవులు తమ ఆహారం కోసం ఆధారపడి బ్రతుకుతాయి. వీటిని పూతికాహారులంటారు. ఈ సూక్ష్మజీవులు మృత కళేబరాలను క్రుళ్ళజేసి సరళ కర్బన పదార్థాలను ఆహారపదార్థాలుగా స్వీకరించే ఆహారపుగొలుసును 'పూతికాహారపు గొలుసు'అంటారు. నేల ఆవరణవ్యవస్థ (Soil ecosystem) లో సౌరశక్తి ప్రమేయం చెప్పుకోదగిన స్థాయిలో అవసరముండదు. అయినప్పటికీ మృతదేహాల నుంచి వెలువడిన శక్తి బాక్టీరియమ్‌ల ద్వారా నేలలో విలీనమవటం, నేల నుంచి శిలీంధ్రాలకు, శిలీంధ్రాల నుంచి వివిధ జంతువులకు బదిలీ కావడం అనేది పూతికాహారపు గొలుసు నిర్మాణం. పూతికాహారపు గొలుసులు నేల ఆవరణవ్యవస్థలో, జల ఆవరణ వ్యవస్థలో ఉంటాయి.

ఎ) నేల ఆవరణవ్యవస్థ-పూతికాహారపు గొలుసులు (Soil Ecosystem - Detritus food chain)

ఇవి రెండు రకాలు

1. మృత కళేబరాల కర్బన పదార్థాలు (ఉత్పత్తిదారులు) ⟶ శిలీంధ్రాలు (ప్రథమ వినియోగదారులు)
↓
ఉడుత (ద్వితీయ వినియోగదారులు)
↓
డేగ (తృతీయ వినియోగదారులు)
ఇది ఒక పూతికాహారపు గొలుసు.

2. మృత కళేబరాల కర్బన పదార్థాలు (ఉత్పత్తిదారులు) ⟶ వానపాము (ప్రథమ వినియోగదారులు)
↓
కప్ప (ద్వితీయ వినియోగదారులు)
↓
పాము (తృతీయ వినియోగదారులు)
↓
గద్ద (చతుర్థ వినియోగదారులు)
ఇది ఇంకొక పూతికాహారపు గొలుసు.

బి) జల ఆవరణవ్యవస్థ-పూతికాహారపు గొలుసులు (Aquatic Ecosystem-Detritus food chain)

1. మృత కళేబరాల కర్బన పదార్థాలు (ఉత్పత్తిదారులు) ⟶ బాక్టీరియమ్‌లు, శిలీంధ్రాలు (ప్రథమ వినియోగదారులు)
↓
చిన్న చేపలు (ద్వితీయ వినియోగదారులు)
↓
పెద్ద చేపలు (తృతీయ వినియోగదారులు)
↓
పక్షులు (చతుర్థ వినియోగదారులు)
ఇది ఒక పూతికాహారపు గొలుసు

పూతికాహారపు గొలుసును సముద్రావరణ వ్యవస్థలో **హీల్డ్ (Heald, 1969), డబ్ల్యు.ఇ. ఓడమ్‌లు (W.E. Odum, 1970)** చక్కగా చిత్రించారు. దక్షిణఫ్లోరిడా బ్రాకిష్ మండలంలో ***రైజోఫొర మాంగిల్ (Rhizophora mangle)*** వంటి ఉప్పునీటి మొక్కల పత్రాలు లోతులేని వెచ్చని సముద్రపు నీటిలో రాలుతుంటాయి. ఈ రాలిన పత్రాలపై బాక్టీరియమ్‌లు, శిలీంధ్రాలు మొదలైన పూతికాహారులు, ఆహారం కోసం ఆధారపడి పత్రాలలోని కర్బన పదార్థాలను సరళ పదార్థాలుగా విచ్ఛిన్నం చేస్తాయి. ఈ సరళ పదార్థాలను ప్రోటోజోవన్లు, శైవలాల వంటి తేలియాడే ప్లవకాలు ఆహారంగా గ్రహించి సమూహాలుగా బ్రతుకుతాయి. ప్రోటోజోవా సంబంధమైన జంతుకాలను శైవల సంబంధమైన వృక్షకాలను పీతలు, కీటకాల లార్వాలు, మైసిడ్‌లు (mysids), నిమటోడ్‌లు (nematodes), ష్రింప్‌లు (shrimps), ఆంఫిపోడ్‌లు (amphipods), కోపెపోడ్‌లు (copepods) మొదలైన జంతువులు ఆహారంగా గ్రహిస్తాయి. ఈ జంతువులను పూతికాహారపు వినియోగదారులు (Detritus consumers) అంటారు. ఈ పూతికాహారపు వినియోగదారులను 'స్మాల్‌గేమ్‌ఫిష్' వంటి మాంసాహారులు భక్షిస్తాయి. స్మాల్‌గేమ్ చేపలను లార్జ్ గేమ్ చేపలు, పక్షులు భక్షిస్తాయి. ఉప్పునీటి మొక్కల పత్రాలు పూతికాహారపు గొలుసు ద్వారా చేపలకు మంచి

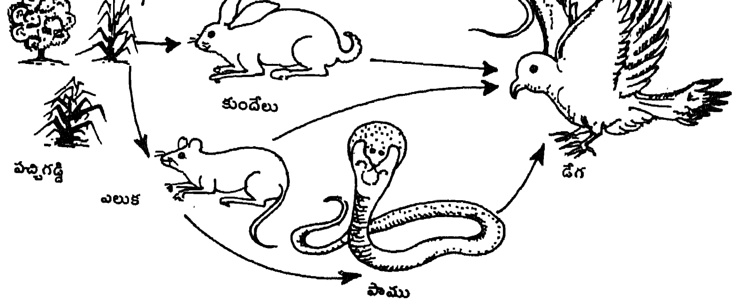
ఆహారంగా లభిస్తాయి. ఈ పూతికాహారపు గొలుసులో దాదాపు 90% మృతకళేబరాల శక్తి వినియోగ పడుతుందని అంచనా. ఆవరణ వ్యవస్థలో పూతికాహారపు గొలుసు ఖనిజ వలయాల (Mineral cycles) విషయంలో ప్రాముఖ్యతను కలిగి ఉంది.

ఆహారపు వలయం (Food Web)

ఆవరణవ్యవస్థలో ఆహారపుగొలుసులకు, ఉత్పత్తిదారులు మరియు వినియోగదారులతో అంతర్గత సంబంధాలు ఉండి, ఏర్పడిన వలయాన్ని 'ఆహారపు వలయం' అంటారు. ఆవరణవ్యవస్థలో ఒక జీవరాశి ఒకటి కంటే ఎక్కువ పోషకస్థాయిలలో ఉండి వివిధ వనరుల ద్వారా ఆహారాన్ని సంపాదించుకొని, వివిధ పోషకస్థాయిలలోనున్న వినియోగదారులకు ఆహారంగా వినియోగపడుతుంది. ఇటువంటి జీవరాశులే ఆహారపు గొలుసులను కలిపి ఆహారవలయాలను ఏర్పరుస్తాయి. ప్రతీ పోషక స్థాయిలో కూడా కొంతశక్తి విధిగా నష్టపోవడం వల్ల ఆహారపు గొలుసును పొడిగించటానికి కావలసిన శక్తి లేనందువల్ల ఆహార వలయం ఏర్పడుతుంది.

ప్రకృతిలో ఆవరణవ్యవస్థ స్థిరత్వాన్ని నిర్వహించటంలో ఆహార వలయాలు ప్రముఖపాత్ర వహిస్తాయి. ఉదాహరణకు గడ్డిమైదానం పచ్చిక ఆహారపు గొలుసులలో కుందేలు(rabbit) నివసించకపోతే దానికి బదులుగా ఎలుక (mouse) గడ్డి పరకలను తిని కుందేలు లేని లోటుని తీరుస్తుంది.

ఈ ఎలుకను పాము, పామును గుడ్లగూబ భక్షిస్తాయి. పై విధంగా కుందేలు లేనిలోటును ఎలుకలు తీర్చడం వల్ల సుస్థిర ఆవరణవ్యవస్థకు ఎలాంటి భంగం వాటిల్లదు. సుస్థిర సమతుల్య



పటం. 2.1 గడ్డిమైదానం (పచ్చికబయలు) ఆవరణవ్యవస్థ, ఆహారవలయం

ఆవరణ వ్యవస్థ (Stable balanced ecosystem) అన్ని జీవరాశులు బతకడానికి అత్యంతావశ్యకమైన ఆవరణ వ్యవస్థ. ఉదాహరణకు శాకాహారులు గనుక ఆవరణవ్యవస్థలో లేకపోయినట్లైతే ఉత్పత్తిదారులు మితిమీరి క్రిక్కిరిసి, పోటీపడి పెరిగిపోయి, చిట్టచివరికి నశిస్తాయే తప్ప, ఎట్టి పరిస్థితులలోనూ వినియోగపడవు. ఇదే విధంగా ద్వితీయ వినియోగదారులు లేకపోతే ప్రథమ వినియోగదారులు, తృతీయ వినియోగదారులు లేకపోతే ద్వితీయ వినియోగదారులు చావకుండ, బ్రతికి ఆవరణవ్యవస్థ స్థిరత్వం చెడిపోతుంది. అందువల్ల స్థిర ఆవరణ వ్యవస్థ నిర్వహణకు ప్రతీజాతి ఒక రకమైన సహజ నిరోధకత (Natural Check) కల్పించడానికి ప్రకృతి సిద్ధంగా నిర్దేశించబడినట్లు తెలుస్తుంది.

2. ఇకలాజికల్ పిరమిడులు
(Ecological Pyramids)

బ్రిటిష్ ఆవరణ శాస్త్రవేత్త **చార్లెస్ ఎల్టన్ (Charles Elton, 1927)** ఇకలాజికల్ పిరమిడ్‌ల ఊహాచిత్రాన్ని ప్రప్రథమంగా ప్రవేశపెట్టి అభివృద్ధి చేశాడు. ఆవరణ వ్యవస్థలో ఉత్పత్తిదారులు, ప్రథమ వినియోగదారులు, ద్వితీయ వినియోగదారులు, తృతీయ వినియోగదారులు, విచ్ఛిన్నకారులు మొదలైన అనుఘటకాల సంఖ్య (Number), జీవ ద్రవ్యరాశి (Biomass), శక్తి (Energy) ఒక దానికొకటి సన్నిహిత సంబంధాలు కలిగి ఉంటాయి. ఈ సంబంధాలను రేఖా పటం ద్వారా పిరమిడ్‌ల రూపంలో తెలియజేయడాన్ని ఇకలాజికల్ పిరమిడ్‌లని అంటారు. ఈ ఇకలాజికల్ పిరమిడ్ పీఠభాగంలో ఉత్పత్తిదారులు, వాటిపై క్రమంగా ప్రథమ వినియోగదారులు, ద్వితీయ వినియోగదారులు, తృతీయ వినియోగదారులు, విచ్ఛిన్నకారులు ఒకదానిపైన ఒకటి వివిధ స్థాయిలలో చివరి వరకు అమరి ఉంటాయి.

ఇకలాజికల్ పిరమిడుల రకాలు (Types of Ecological Pyramids)

ఇకలాజికల్ పిరమిడ్‌లు సాధారణంగా మూడు రకాలుంటాయి.

1. సంఖ్యా పిరమిడ్‌లు (Pyramid of Numbers)
2. జీవ ద్రవ్యరాశి పిరమిడ్‌లు (Pyramid of Biomass)
3. శక్తి పిరమిడ్ (Pyramid of Energy)

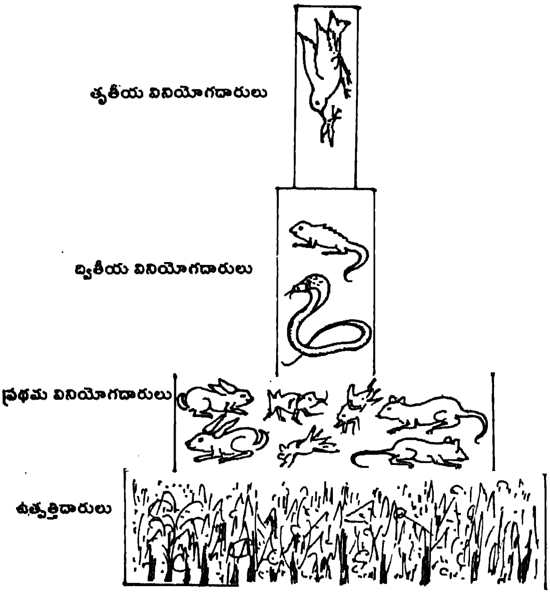
1. సంఖ్యా పిరమిడ్‌లు (Pyramid of Numbers)

ఉత్పత్తిదారులు, ప్రథమ, ద్వితీయ, తృతీయ వినియోగదారులు విచ్ఛిన్నకారులను గురించిన సంఖ్యా సంబంధమైన విషయాలను తెలిపే రేఖాపటాన్ని సంఖ్యాపిరమిడ్‌లని అంటారు. ఈ పిరమిడ్‌ల ద్వారా ప్రతీ పోషకస్థాయి (each trophic level) లో ఎన్ని జీవరాశులున్నాయో స్పష్టంగా తెలుస్తుంది. ఉత్పత్తిదారులు నీటిలో తేలియాడే గడ్డి మొక్కలైనప్పుడు, లేదా ఓక్ (Oak) వంటి పెద్ద వృక్షాలైనప్పుడు ఆయా సముదాయాల్లోని వృక్షాల సంఖ్యలో పలువిధాలైన వ్యత్యాసాలుండడం వల్ల సంఖ్యా పిరమిడ్‌ల నిర్మాణంలో కూడా పెద్ద పెట్టున మార్పులు జరుగుతాయి. కాబట్టి ఆ ఆవరణ వ్యవస్థ సంఖ్యామానాన్ని పిరమిడ్‌ల ద్వారా కొలవడం కష్ట సాధ్యమైన పని. అందువల్లనే అటువంటి వివరాలను పిరమిడ్‌లో

పొందుపరచటం కంటే పట్టిక రూపంలో వివరించటం చాలా సులభం. ప్రస్తుతం మేము గడ్డిమైదానం, కొలను మరియు అరణ్య ఆవరణ వ్యవస్థలను గురించిన సంఖ్యా సంబంధమైన వివరాలను సంఖ్యా పిరమిడ్‌ల ద్వారా చర్చించాము.

ఎ) గడ్డిమైదానం ఆవరణ వ్యవస్థ - సంఖ్యా పిరమిడ్
(Pyramid of Numbers of grassland Ecosystem) :

ఒక గడ్డిమైదానం ఆవరణ వ్యవస్థలో ఉత్పత్తిదారులు సాధారణంగా అధిక సంఖ్యలో ఉంటాయి. ఈ సంఖ్య ఉత్పత్తిదారుల నుంచి వరుసగా ప్రథమ, ద్వితీయ, తృతీయ వినియోగదారులు మరియు విచ్ఛిన్నకారుల ద్వారా వివిధపోషక స్థాయిలలో పిరమిడ్‌పీఠభాగం నుంచి క్రమంగా శిఖరాగ్రం వరకు వెళ్ళినపుడు క్రమంగా తగ్గిపోతుంది. ఉత్పత్తి దారులైన గడ్డిమొక్కల సంఖ్య కంటే శాకాహారులైన కుందేలు, ఎలుక వంటి ప్రథమ వినియోగదారుల సంఖ్య తక్కువగా ఉంటుంది. బల్లి, తొండ, పాము మొదలైన ద్వితీయ వినియోగదారుల సంఖ్య, ప్రథమ వినియోగదారుల సంఖ్య కంటే తక్కువగా ఉంటుంది. అదే విధంగా ఉన్నత శ్రేణి మాంసాహారులైన డేగ, గ్రద్ద మొదలైన తృతీయ వినియోగదారులు ద్వితీయ వినియోగ దారుల కంటే చాల తక్కువ సంఖ్యలో ఉంటాయి. అందువలన ఈ సంఖ్యా పిరమిడ్ నిర్మాణంలో ఉత్పత్తి దారుల స్థాయి పిరమిడ్ పీఠభాగంలో ఎక్కువ స్థలాన్ని ఆక్రమిస్తాయి. ఉత్పత్తిదారుల స్థాయి పైన పిరమిడ్‌లో ప్రథమ వినియోగదారుల స్థాయి, ఉత్పత్తిదారుల స్థాయి కంటే తక్కువ స్థలాన్ని ఆక్రమిస్తాయి. ప్రథమ వినియోగదారుల స్థాయిపైన ద్వితీయ వినియోగదారుల స్థాయి ఇంకా తక్కువ స్థలాన్ని ఆక్రమిస్తుంది. అదే విధంగా ద్వితీయ వినియోగదారుల స్థాయిపైన తృతీయ వినియోగదారుల



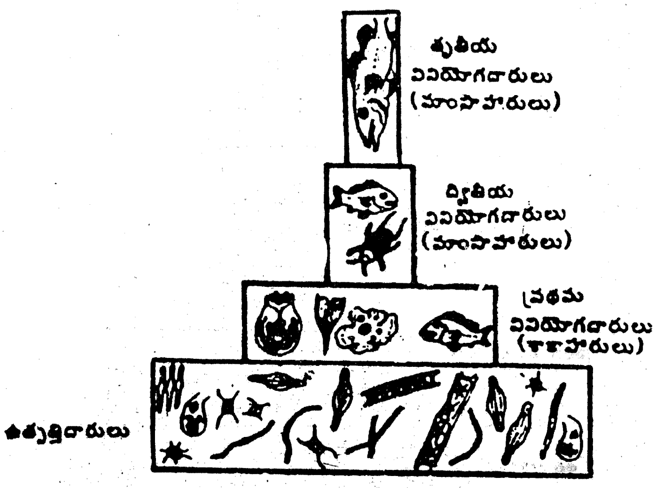
పటం. 2.2. గడ్డిమైదానం ఆవరణవ్యవస్థ - సంఖ్యా పిరమిడ్

స్థాయి ఇంకా తక్కువ స్థలాన్ని ఆక్రమిస్తుంది. తృతీయ వినియోగదారుల స్థాయిపైన విచ్ఛిన్నకారుల స్థాయి ఇంకా తక్కువ స్థలాన్ని ఆక్రమిస్తూ పిరమిడ్ శిఖరాగ్ర భాగాన్ని చేరుకుంటాయి. అందువల్ల గడ్డిమైదానం ఆవరణ వ్యవస్థ సంఖ్యా పిరమిడ్ నిట్టనిలువు (Upright) గా ఉంటుంది.

బి) కొలను ఆవరణ వ్యవస్థ - సంఖ్యా పిరమిడ్
(Pyramid of Numbers of Pond Ecosystem) :

కొలను ఆవరణ వ్యవస్థలో ఉత్పత్తిదారులైన నీటిమొక్కలు, శైవలాలు, బాక్టీరియమ్‌లు మొదలైన వృక్షాలు, వృక్షప్లవకాలు అధికసంఖ్యలో ఉంటాయి. శాకాహారులైన చిన్న చేపలు, రోటిఫెర్లు (rotifers) మొదలైన ప్రథమ వినియోగదారులు ఉత్పత్తిదారుల కంటే తక్కువ సంఖ్యలో ఉంటాయి.

మాంసాహారులైన చేపలు, నీటి బీటిల్స్ (Water beetles) మొదలైన ద్వితీయ వినియోగదారులు ప్రథమ వినియోగదారుల కంటే తక్కువ సంఖ్యలో ఉంటాయి. చివరగా ఉన్నతశ్రేణి మాంసాహారులైన పెద్దచేపలు, నీటి పక్షులు మొదలైన తృతీయ వినియోగదారులు ద్వితీయ వినియోగదారుల కంటే అల్ప సంఖ్యలో ఉంటాయి. కొలను ఆవరణవ్యవస్థలోని జీవ అనుఘటకాలను సంఖ్యాపరంగా సంఖ్యా పిరమిడ్‌లో చిత్రీకరించినపుడు పిరమిడ్ పీఠభాగంలో ఉత్పత్తిదారులు ఎక్కువ విస్తీర్ణాన్ని ఆక్రమిస్తాయి. ఉత్పత్తిదారులకు పైభాగంలో ప్రథమ వినియోగదారులు, ప్రథమ వినియోగదారులకు పై భాగంలో ద్వితీయ వినియోగదారులు, ద్వితీయ వినియోగదారులకు పై భాగంలో తృతీయ వినియోగదారులు క్రమంగా ఒకదానిపై ఒకటి వరుసగా క్రమక్రమంగా తక్కువ విస్తీర్ణాన్ని ఆక్రమిస్తూ



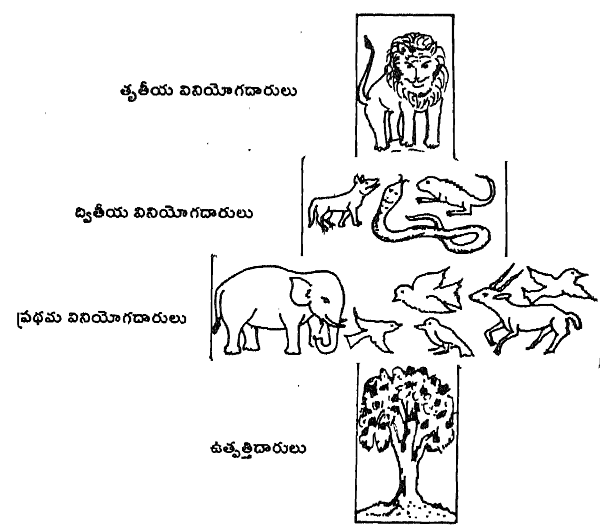
పటం. 2.3 కొలను ఆవరణవ్యవస్థ - సంఖ్యా పిరమిడ్

పిరమిడ్ శిఖర భాగాన్ని చేరుకుంటాయి. కొలను ఆవరణ వ్యవస్థ సంఖ్యా పిరమిడ్ కూడా గడ్డిమైదానం ఆవరణ వ్యవస్థ సంఖ్యా పిరమిడ్ రీతిగా నిట్టనిలువుగానే ఉంటుంది.

సి) అరణ్య ఆవరణ వ్యవస్థ - సంఖ్యా పిరమిడ్

(Pyramid of Numbers of Forest Ecosystem) :

ఒక అరణ్య ఆవరణ వ్యవస్థలోని జీవ అనుఘటకాలను సంఖ్యాపరంగా, సంఖ్యా పిరమిడ్ పటం ద్వారా చూపించినపుడు, ఈ పిరమిడ్ గడ్డి మైదాన ఆవరణ వ్యవస్థ సంఖ్యాపిరమిడ్ లేదా కొలను ఆవరణవ్యవస్థ సంఖ్యాపిరమిడ్ మాదిరిగా నిలువుగా కాకుండ, ఆకారంలో కొంత భేదాన్ని కల్గి ఉంటుంది. అరణ్య ఆవరణ వ్యవస్థలో బహువార్షికాలైన చింత ***(Tamarindus indica),*** మామిడి ***(Mangifera indica),*** మర్రి ***(Ficus bengalensis)*** మొదలైన ఉత్పత్తిదారులు తక్కువ సంఖ్యలో ఉంటాయి. ఈ ఉత్పత్తిదారులు సంఖ్యాపిరమిడ్ పీఠభాగంలో తక్కువ విస్తీర్ణాన్ని ఆక్రమిస్తాయి. కాబట్టి పిరమిడ్ పీఠభాగం నిలువుగా ఉంటుంది. శాకాహారులైన పక్షులు, జింకలు, గుర్రం, ఏనుగు లాంటి ప్రథమ వినియోగదారులు ఉత్పత్తిదారుల కంటే ఎక్కువ సంఖ్యలో ఉండడం వల్ల, సంఖ్యా పిరమిడ్‌లో ప్రథమ వినియోగదారులు పటంలో చూపించినట్లు అడ్డంగా ఉండి ఉత్పత్తిదారుల కంటే ఎక్కువ విస్తీర్ణాన్ని ఆక్రమిస్తాయి. మాంసాహారులైన ఎలుగుబంటి, నక్క, పాము మొదలైన తృతీయ వినియోగదారులు, ప్రథమ వినియోగదారుల కంటే తక్కువ సంఖ్యలో ఉండడం వల్ల సంఖ్యా పిరమిడ్‌లో ప్రథమ వినియోగదారుల పై భాగంలో తక్కువ విస్తీర్ణాన్ని ఆక్రమిస్తాయి. దీనివల్ల

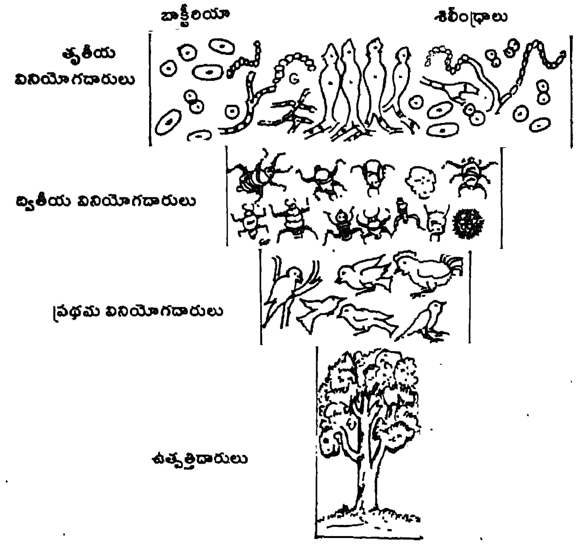


పటం 2.4 అరణ్య ఆవరణవ్యవస్థ - సంఖ్యా పిరమిడ్

పిరమిడ్ నిర్మాణం మళ్ళీ నిలువుగానే పెరుగుతుంది. అదే విధంగా ఉన్నతశ్రేణి మాంసాహారులైన సింహం, పెద్దపులి, చిరుతపులి మొదలైన తృతీయ వినియోగదారుల సంఖ్య ద్వితీయ వినియోగ దారుల సంఖ్య కంటే తక్కువగా ఉండడం వల్ల సంఖ్యాపిరమిడ్ ఆకారం ఇంకా నిలువుగానే పెరుగుతుంది.

డి) పరాన్న జీవి ఆహారపుగొలుసు - సంఖ్యా పిరమిడ్ (Pyramid of Numbers of Parasitic food chain) :

పరాన్నజీవి ఆహారపు గొలుసులోని జీవ అనుఘటకాలను సంఖ్యాపరంగా, సంఖ్యా పిరమిడ్ పటం ద్వారా వర్ణించినపుడు పిరమిడ్ నిర్మాణం - తలక్రిందులు చేసి బోర్లించిన గడ్డిమైదానం ఆవరణవ్యవస్థ సంఖ్యా పిరమిడ్‌లాగా కనబడుతుంది. ఈ సంఖ్యా పిరమిడ్ తలక్రిందులుగా ఉండటానికి కారణం, ఉత్పత్తిదారులైన వృక్షాలు అన్ని పోషకస్థాయిలలోని జీవరాశుల కంటే తక్కువ సంఖ్యలో ఉండి పిరమిడ్ పీఠభాగంలో అతి తక్కువ విస్తీర్ణాన్ని ఆక్రమించి ఉంటాయి. ప్రథమ వినియోగదారులైన శాకాహారపక్షులు ఉత్పత్తిదారుల కంటే ఎక్కువ సంఖ్యలో ఉండటం వల్ల, అవి సంఖ్యాపిరమిడ్‌లో ఉత్పత్తిదారులపైన ఎక్కువ స్థలాన్ని ఆక్రమిస్తాయి. ద్వితీయ వినియోగదారులైన నల్లి (bug), పేను (lice) మొదలైన పరాన్నజీవులు, ప్రథమ వినియోగదారుల సంఖ్య కంటే అధికంగా ఉండి సంఖ్యా పిరమిడ్‌లో ప్రథమ వినియోగదారుల స్థాయిపైన ఎక్కువ వైశాల్యాన్ని ఆక్రమిస్తాయి. అదే మాదిరిగా బాక్టీరియమ్‌లు, ఆక్టినోమైసిట్లు వంటి పరాన్నజీవులు (H[illegible]er parasites) అయిన తృతీయ వినియోగదారులు, ద్వితీయ వినియోగదారులకంటే అధిక సంఖ్యలో ఉండడంవల్ల సంఖ్యా



పటం 2.5 పరాన్నజీవి ఆహారపుగొలుసు సంఖ్యా పిరమిడ్

పిరమిడ్‌లో శిఖరాగ్రాన్ని అధిరోహించి అత్యధిక విస్తీర్ణాన్ని ఆక్రమిస్తాయి. ఈ విధంగా ఉత్పత్తిదారుల నుంచి ప్రథమ, ద్వితీయ, తృతీయ, వినియోగదార్లు వరుసగా ఒకదానికంటే ఒకటి అధికసంఖ్యలో ఉండడం వల్ల సంఖ్యా పిరమిడు నిర్మాణం తలక్రిందులు చేసి బోర్లించినట్లుగా ఉంటుంది.

ఇ) పంటపొలాల ఆవరణ వ్యవస్థ - సంఖ్యా పిరమిడ్ (Crop Ecosystem - Pyramid of Numbers) :

పంట పొలాల ఆవరణవ్యవస్థలో సంఖ్యాపిరమిడు నిర్మాణం గడ్డిమైదాన ఆవరణ వ్యవస్థ సంఖ్యా పిరమిడు మాదిరిగా నిటారుగా ఉంటుంది. ఎందుకంటే ఉత్పత్తిదారులైన పంట మొక్కలు అన్ని పోషక స్థాయిలలోని జీవ అనుఘటకాల కంటే అత్యధిక సంఖ్యలో ఉంటాయి. మిడుత (grass hopper) వంటి ప్రథమ వినియోగదారులు ఉత్పత్తిదారుల కంటే తక్కువ సంఖ్యలో ఉంటాయి. కప్పలు, పాముల వంటి ద్వితీయ వినియోగదారులు ప్రథమ వినియోగదారుల కంటే ఇంకా తక్కువ సంఖ్యలో ఉంటాయి. అదేవిధంగా డేగ, గ్రద్ద వంటి తృతీయ వినియోగదారులు, ద్వితీయ వినియోగదారుల సంఖ్య కంటే చాలా తక్కువగా ఉంటాయి. కనుకనే పంటపొలాల ఆవరణ సంఖ్యా పిరమిడులోని పీఠభాగంలో ఉత్పత్తిదారులు ఎక్కువ విస్తీర్ణాన్ని ఆక్రమించి, ప్రథమ, ద్వితీయ, తృతీయ వినియోగదారులు ఒకదానిపైన ఒకటి పిరమిడ్ శిఖరాగ్రం వైపు క్రమంగా తక్కువ విస్తీర్ణాన్ని కలిగి పిరమిడ్ నిర్మాణాన్ని నిలువుగా ఉంచుతాయి.

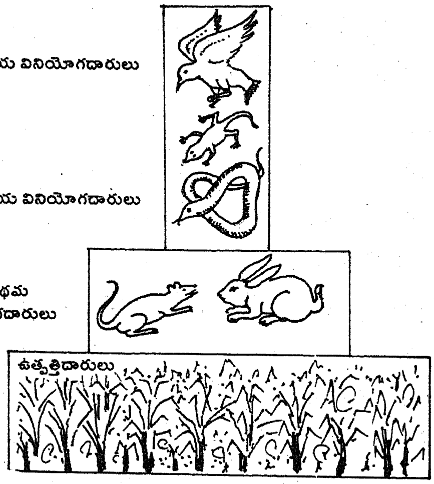
2. జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడులు (Pyramids of Biomass)

ఆవరణవ్యవస్థలో వివిధ పోషకస్థాయిలలో నున్న జీవ అనుఘటకాల ద్రవ్యరాశి సంబంధాలను పిరమిడ్ చిత్రపటం ద్వారా వ్యక్త పరచినట్లైతే ఆ చిత్రపటాన్ని జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్ (Biomass Pyramid) అంటారు. వివిధ ఆవరణవ్యవస్థల జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్‌లను ఇక్కడ చర్చించాము. అవి -

ఎ. గడ్డిమైదానం ఆవరణ వ్యవస్థ జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్
బి. అరణ్య ఆవరణ వ్యవస్థ జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్
సి. కొలను ఆవరణ వ్యవస్థ జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్

ఎ) గడ్డిమైదానం ఆవరణ వ్యవస్థ - జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్ (Pyramid of Biomass of Grass Lands) :

గడ్డిమైదానం ఆవరణ వ్యవస్థలో ఉత్పత్తిదారుల జీవద్రవ్యరాశి ఇతర పోషకస్థాయిలోని అనుఘటకాలకంటే అధికంగా ఉంటుంది. ప్రథమ వినియోగదారులైన కుందేలు, ఎలుక వంటి శాకాహారుల జీవ ద్రవ్యరాశి, ఉత్పత్తిదారుల జీవద్రవ్యరాశి కంటే తక్కువగా ఉంటుంది. మాంసాహారులైన బల్లి, తొండ, పాము వంటి ద్వితీయ వినియోగదారుల జీవద్రవ్యరాశి, ప్రథమ వినియోగదారుల జీవ ద్రవ్యరాశి కంటే తక్కువ. అదే విధంగా డేగ లాంటి ఉన్నత శ్రేణి మాంసాహారులైన తృతీయ వినియోగదారుల జీవ ద్రవ్యరాశి, ద్వితీయ వినియోగదారుల జీవద్రవ్యరాశి కంటే తక్కువ. అందువల్లనే గడ్డిమైదానం ఆవరణ వ్యవస్థ జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్

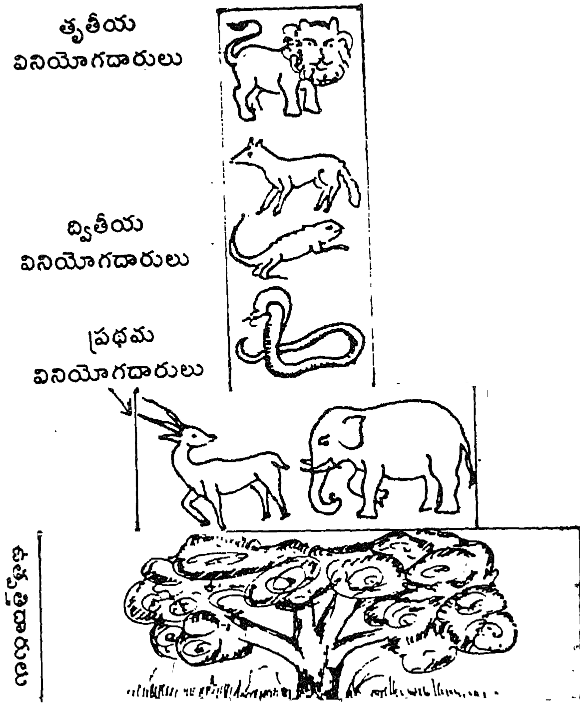


పటం. 2.6 గడ్డిమైదానం ఆవరణవ్యవస్థ - జీవ ద్రవ్యరాశి పిరమిడు

పీఠభాగం నుంచి ఉత్పత్తిదారులు, ప్రథమ వినియోగదారులు, ద్వితీయ వినియోగదారులు, తృతీయవినియోగదారుల జీవద్రవ్యరాశి క్రమంగా శిఖరాగ్రం వైపు క్షీణించి, ఒకదాని కంటే ఒకటి తక్కువ స్థలాన్ని ఆక్రమిస్తాయి. అందువల్ల గడ్డిమైదానం ఆవరణ వ్యవస్థ జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్ నిటారుగా కనబడుతుంది.

బి) అరణ్య ఆవరణ వ్యవస్థ - జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్
(Pyramid of Biomass of Forest Ecosystem) :

గడ్డిమైదానం ఆవరణ వ్యవస్థలో మాదిరిగానే అరణ్య ఆవరణవ్యవస్థలో కూడా ఉత్పత్తిదారుల జీవద్రవ్యరాశి ఎక్కువగా ఉంటుంది. లేడి, ఏనుగు మొదలైన శాకాహార సంబంధమైన ప్రథమ వినియోగదారుల జీవద్రవ్యరాశి, ఉత్పత్తిదారుల జీవద్రవ్యరాశికంటే తక్కువగా ఉంటుంది. అదే విధంగా తొండ, పాము, నక్క మొదలైన మాంసాహార సంబంధమైన ద్వితీయ వినియోగదారుల జీవద్రవ్యరాశి, ప్రథమ వినియోగదారుల జీవద్రవ్యరాశి కంటే తక్కువగా ఉంటుంది. సింహం, పులి వంటి ఉన్నతశ్రేణి మాంసాహారులైన తృతీయ వినియోగదారుల జీవద్రవ్యరాశి, ద్వితీయ వినియోగదారుల జీవ ద్రవ్యరాశి కంటే తక్కువగా ఉంటుంది. అందువల్ల అరణ్య ఆవరణ వ్యవస్థ జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్, గడ్డిమైదానం ఆవరణ వ్యవస్థ జీవ ద్రవ్యరాశి పిరమిడ్‌ను పోలిఉండి నిటారుగా ఉంటుంది.

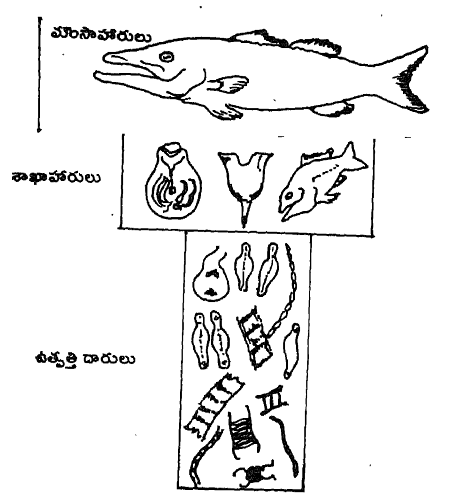


పటం 2.7 అరణ్య ఆవరణవ్యవస్థ - జీవ ద్రవ్యరాశి పిరమిడు

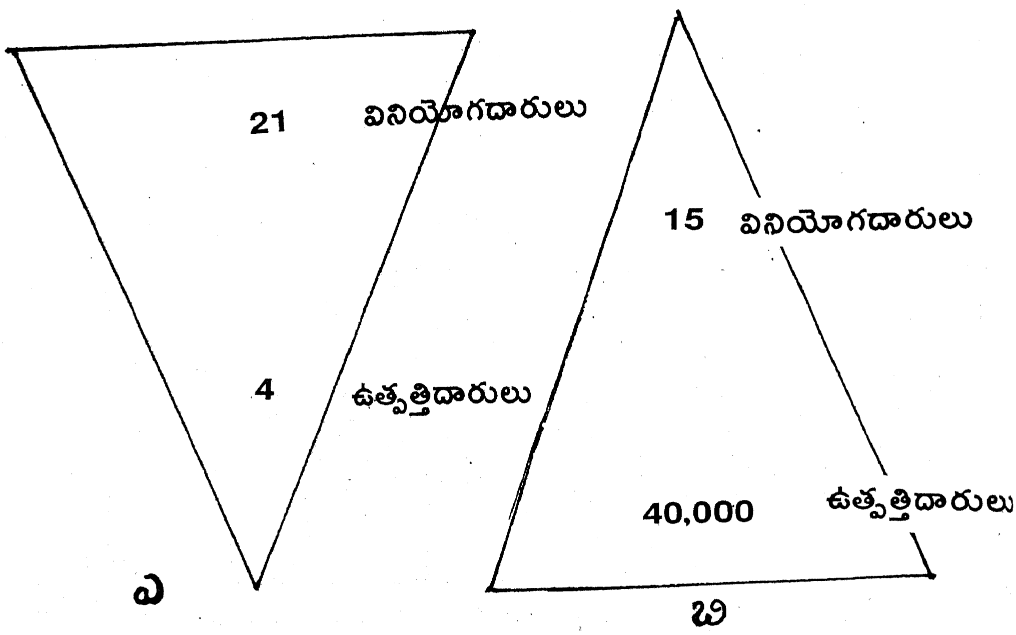
సి) కొలను ఆవరణ వ్యవస్థ - జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్

(Pyramid of Biomass of Pond Ecosystem) :

కొలను ఆవరణ వ్యవస్థ జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్ గడ్డిమైదానం ఆవరణ వ్యవస్థ జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్ మాదిరిగా నిటారుగా కాకుండా, దానికి వ్యతిరేకంగా తలక్రిందులు చేసి బోర్లించినట్లుగా



పటం 2.8 కొలను ఆవరణవ్యవస్థ - జీవ ద్రవ్యరాశి పిరమిడు



పటం 2.9

ఎ) ఇంగ్లీషు ఛానెల్‌లో జీవద్రవ్యరాశి gm^{-2} బి) అరణ్య ఆవరణ వ్యవస్థలో జీవద్రవ్యరాశి gm^{-2}

ఉంటుంది. కొలను ఆవరణవ్యవస్థలో ఉత్పత్తిదారుల (నీటిమొక్కలు) జీవద్రవ్యరాశి, మిగతా పోషక స్థాయిలలోని జీవ అనుఘటకాల జీవ ద్రవ్యరాశి కంటే చాల తక్కువగా ఉంటుంది. ఉత్పత్తిదారుల జీవ ద్రవ్యరాశి కంటే శాకాహారులైన చిన్న చేప వంటి ప్రథమ వినియోగదారుల జీవద్రవ్యరాశి ఎక్కువగా ఉంటుంది. అదే విధంగా ప్రథమ వినియోగదారుల జీవద్రవ్యరాశి కంటే పెద్దచేప వంటి ద్వితీయ వినియోగదారుల జీవ ద్రవ్యరాశి అధికంగా ఉంటుంది. ఉన్నత శ్రేణి మాంసాహారులైన నీటి పక్షుల వంటి తృతీయ వినియోగదారుల జీవ ద్రవ్యరాశి, ద్వితీయ వినియోగదారుల జీవద్రవ్యరాశి కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది. అందువల్ల కొలను ఆవరణ వ్యవస్థ జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్‌లో ఉత్పత్తిదారుల నుంచి వరుసగా ప్రథమ వినియోగదారులు, ద్వితీయ వినియోగదారులు, తృతీయ వినియోగదారుల వరకు, అంటే పిరమిడ్ పీఠభాగం నుంచి శిఖరాగ్రం వరకు జీవద్రవ్యరాశి విలువ క్రమంగా పెరగడం వల్ల తలక్రిందులు చేసి బోర్లించినట్లు ఉంటుంది.

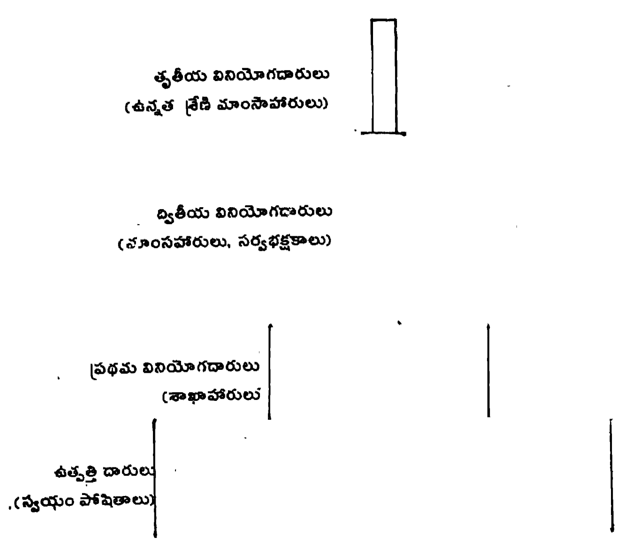
ఓడమ్ (Odum, 1971) ఇంగ్లీషు ఛానెల్ (English Channel) జలావరణ వ్యవస్థపైన వివిధ పరిశోధనలు జరిపి వివిధ పోషకస్థాయిలలో గల జీవద్రవ్యరాశి విలువలను కచ్చితంగా తెలుసుకున్నారు. వారు ఇచ్చిన వివరాల ప్రకారం ఇంగ్లీషు ఛానెల్‌లో ఉత్పత్తిదారుల జీవ ద్రవ్యరాశి విలువ 4 gm^{-2}, వినియోగదారుల జీవద్రవ్యరాశి విలువ 21 gm^{-2} ఉంటుంది. అదే విధంగా అరణ్య ఆవరణ వ్యవస్థలో ఉత్పత్తిదారుల జీవద్రవ్యరాశి విలువ 40,000 gm^{-2}, వినియోగదారుల జీవ ద్రవ్యరాశి విలువ 15 gm^{-2} ఉంటుందని ఓడమ్ ఇచ్చిన వివరాల ద్వారా తెలుస్తుంది.

3. శక్తి పిరమిడులు (Pyramids of Energy)

ఒక సంవత్సరకాలంలో ఒక ఆవరణ వ్యవస్థలోని ఒక చదరపు మీటరు వైశాల్యం గల స్థలంలో వివిధ పోషకస్థాయిలలోని జీవరాశులకు ఉపయోగపడిన శక్తి మొత్తాన్ని పిరమిడ్ చిత్రపటం ద్వారా చిత్రీకరించినట్లైతే ఆ చిత్రపటాన్ని శక్తి పిరమిడ్ (Pyramid of energy) అంటారు. శక్తి పిరమిడ్ వివిధ పోషక స్థాయిలలో గల మొత్తం శక్తి ప్రవాహాన్ని చూపిస్తుంది.

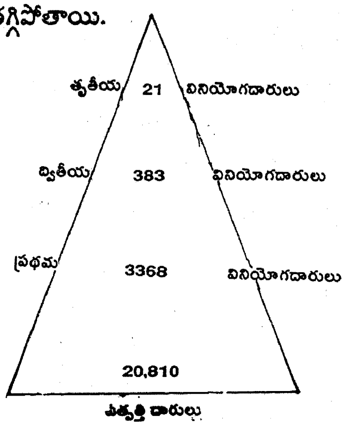
ఆవరణ వ్యవస్థలో ఉత్పత్తిదారులు సౌరశక్తిని గ్రహించి, దానిని కిరణజన్య సంయోగక్రియలో రసాయన శక్తిగా మార్చి పిండి పదార్థాలను తయారుచేస్తాయి. ఈ విధంగా గ్రహించిన సౌరశక్తి ఉత్పత్తిదారుల నుంచి వరుసగా ప్రథమవినియోగదారులు, ద్వితీయ వినియోగదారులు, తృతీయ వినియోగదారులకు ప్రవహించినప్పుడు ప్రతీ పోషకస్థాయిలోను కొంత శక్తి తరిగిపోతూ ఉంటుంది. ఒక ప్రమాణవైశాల్యం గల స్థలంలో (1 చ.మీ.) ఒక ప్రమాణకాలం (1 సం॥)లో ఉత్పత్తిదారులు, ప్రథమ, ద్వితీయ, తృతీయవినియోగదారులకు సంబంధించిన వివిధ పోషకస్థాయిలలోవినియోగమైన మొత్తం శక్తి విలువలను పిరమిడ్‌లో సూచించినప్పుడు ఆ శక్తి పిరమిడ్ నిట్టనిలువుగా ఉంటుంది.

గడ్డిమైదానం ఆవరణ వ్యవస్థలో హరిత వృక్షాలైన ఉత్పత్తిదారులు నిర్ణీతకాలం (ఒక సంవత్సరం)లో ఒక ప్రమాణ వైశాల్యం (ఒక చ.మీ.) గల స్థలంలో అత్యధిక సౌరశక్తిని గ్రహించి, ఆహార పదార్థాలను ఉత్పత్తి చేస్తాయి. అంటే సౌరశక్తిని రసాయన శక్తిగా మారుస్తాయి. అదే విధంగా కొలను ఆవరణ వ్యవస్థలో నిర్ణీతకాలంలో, నిర్ణీత వైశాల్యం గల స్థలంలోని నీటి మొక్కలు అత్యధిక సౌరశక్తిని గ్రహించి దానిని రసాయనశక్తిగా మారుస్తాయి. గడ్డిమైదానం వ్యవస్థలో కాని, కొలను ఆవరణ వ్యవస్థలో కాని ఉత్పన్నమైన



పటం. 2.10 శక్తి పిరమిడు

మొత్తం శక్తిని పూర్తిగా శాకాహారులైన ప్రథమ వినియోగదారులు వినియోగించుకోలేవు. కానీ ఎంతోకొంత శక్తిని తప్పకుండా వినియోగించు కొనగలవు. మాంసాహారులైన ద్వితీయ వినియోగదారులు ప్రథమ వినియోగదారులలోని కొంత శక్తిని మాత్రమే వినియోగించుకొంటాయి. అదే విధంగా ఉన్నతశ్రేణి మాంసాహారులైన తృతీయ వినియోగదారులు ద్వితీయ వినియోగారులలోని కొంతశక్తిని మాత్రమే వినియోగించుకుంటాయి. ఒక సంవత్సరం కాలంలో తృతీయ వినియోగదారులు, ద్వితీయ వినియోగదారులు, ప్రథమ వినియోగదారులు వినియోగించుకున్న శక్తులను పోల్చి చూచినపుడు, ప్రథమ వినియోగదారుల కంటే ద్వితీయ వినియోగదారులు తక్కువ, ద్వితీయ వినియోగదారుల కంటే తృతీయ వినియోగదారులు ఇంకా తక్కువ శక్తిని వినియోగిస్తాయని తెలుతుంది. **హెచ్.టి. ఓడమ్ (1957)** U.S.A. లోని సిల్వర్ స్ప్రింగ్‌లలో (Silver springs in U.S.A) ఒక సంవత్సర కాలంలో వివిధ పోషకస్థాయిలలో వినియోగపడిన శక్తి విలువలను పిరమిడ్ ద్వారా సూచించినపుడు శక్తి పిరమిడ్ నిట్టనిలువుగా ఉంది. హెచ్.టి. ఓడమ్ సేకరించిన వివిధ పోషక స్థాయిలలో వినియోగపడిన శక్తి విలువలు ఉత్పత్తిదారుల నుంచి క్రమంగా ప్రథమ వినియోగదారులు, ద్వితీయ వినియోగదారులు, తృతీయ వినియోగదారులకు క్రమక్రమంగా తగ్గిపోతాయి.



పటం. 2.11 శక్తిపిరమిడ్ సిల్వర్ స్ప్రింగ్ (యు.యస్.ఎ)

ఉత్పత్తిదారుల శక్తి	=	20,810 K.cal m^{-2} yr^{-1}.
ప్రథమ వినియోగదారుల శక్తి	=	3,368 K.cal m^{-2} yr^{-1}.
ద్వితీయ వినియోగదారుల శక్తి	=	383 K.cal m^{-2} yr^{-1}.
తృతీయ వినియోగదారుల శక్తి	=	21 K.cal m^{-2} yr^{-1}.

ఆవరణ వ్యవస్థలో సంఖ్యా పిరమిడ్, జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్, శక్తి పిరమిడ్ అన్న మూడు పిరమిడ్‌ల లోకెల్ల శక్తి పిరమిడ్ ఆవరణ వ్యవస్థ నిర్మాణాన్ని, నిర్వాహణను అద్దంపట్టినట్లు స్పష్టంగా చూపిస్తుంది. ఎందుకంటే ఆహారపు ద్రవ్యరాశి (food mass) ఆహారపుగొలుసు ద్వారా వివిధ పోషక స్థాయిలలో ప్రవహించడం ద్వారా ప్రతి పోషక స్థాయిలో వినియోగపడిన కచ్చితమైన శక్తి విలువలను శక్తి పిరమిడ్ తెలియజేస్తుంది. కాని సంఖ్యా పిరమిడ్‌లోనూ, జీవ ద్రవ్యరాశి పిరమిడ్లలోనూ ఎపుడైనా జీవరాశుల నిలకడ స్థితి (standing state of organisms) మాత్రమే గోచరిస్తుంది. ఆవరణ వ్యవస్థలో అన్ని శక్తి వనరులను పరిగణనలోకి తీసుకున్నట్లైతే, జీవరాశుల పరిమాణం, జీవక్రియా శీలతలో ఏమైన మార్పులు జరిగినప్పటికీ

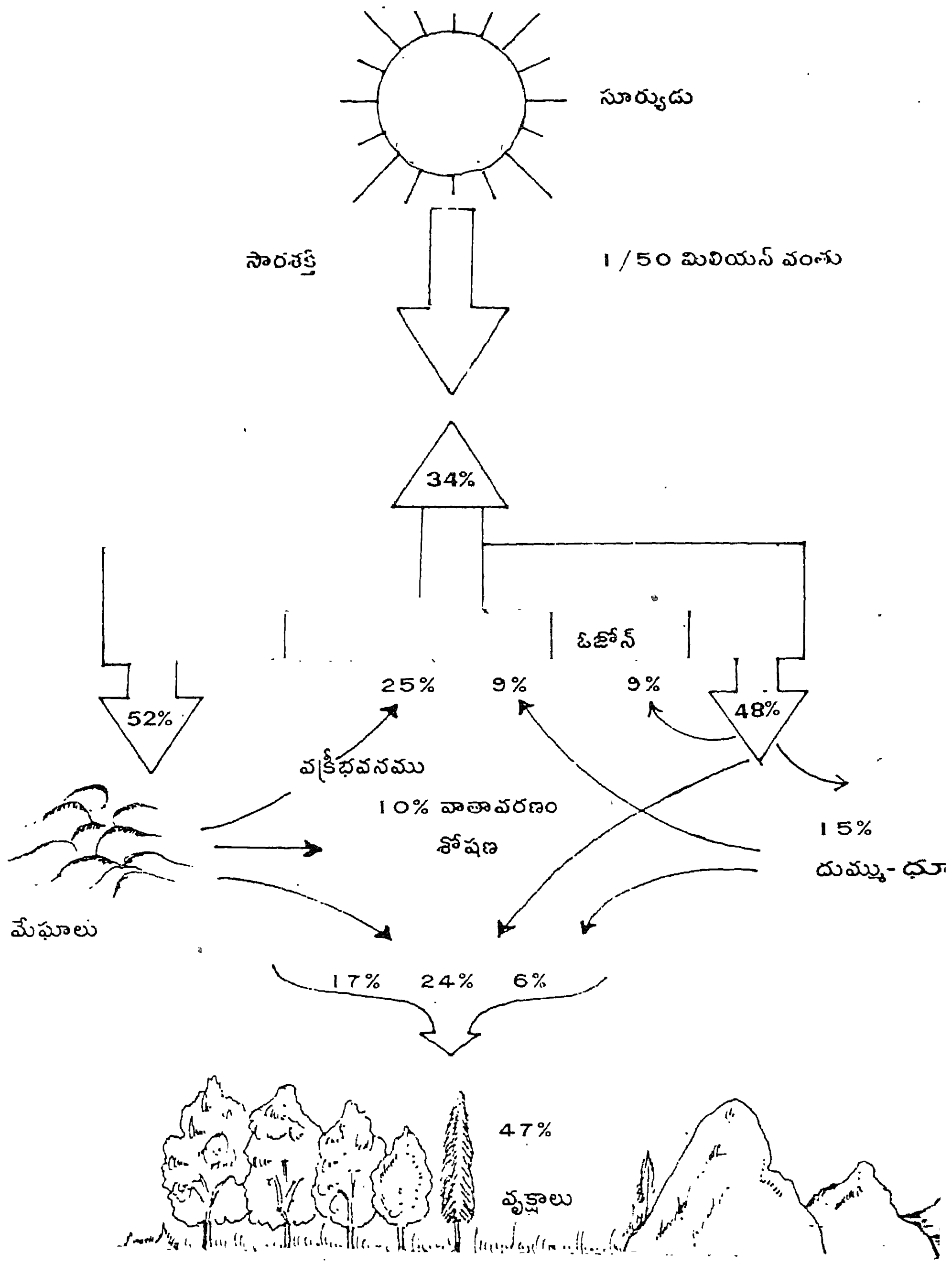
శక్తిపిరమిడ్ ఆకార, పరిమాణాల్లో (Shape and size) ఎటువంటి మార్పులు ఉండబోవు. శక్తి పిరమిడ్ నిట్టనిలువుగానే ఉంటుంది. ఉత్పత్తిదారులను, వినియోగదారులను వాటి ఆకార, పరిమాణ, సంఖ్య, జీవద్రవ్యరాశి, శక్తి సంబంధ విషయాలలో పోల్చినపుడు సంఖ్యా పిరమిడ్‌లు, జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్‌లు నిట్టనిలువుగా లేదా తల క్రిందులుగా ఉండి స్వరూప-సౌష్ఠవంలో వ్యత్యాసాలు ఉండవచ్చు.

3. ఆవరణ శక్తిశాస్త్రం
(Ecological Energetics)

శక్తికి మూలం సూర్యుడు. సూర్యుడు ప్రకాశించిన మొత్తం కాంతిలో 1/50 మిలియన్ వంతు కాంతిమాత్రమే భౌమావరణాన్ని (Geosphere) చేరుతుంది. సూర్య కిరణాలు అంతరిక్షం (space) ద్వారా 0.03 A^0 తరంగదైర్ఘ్యం మొదలుకొని కొన్ని కిలోమీటర్ల తరంగదైర్ఘ్యంతో పయనిస్తాయి. 10μ నుండి 300 mμ తరంగదైర్ఘ్యం గల రేడియోధార్మిక (radio waves) తరంగాలు భూమిని చేరకుండానే భూ ఉపరితలాన్ని 28 కి.మీ. ఎత్తుపై గల వాతావరణంలోనే శోషిస్తాయి. అదృష్టవశాత్తు 300 mμ కంటే తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యం గల అతినీలలోహిత కిరణాలు (Ultraviolet radiations) వాతావరణంలోని ఓజోన్ పొరలో (Ozone layer) ఆకస్మికంగా అంతం చేయబడుతున్నాయి. అందువల్లనే సమస్త జీవరాశులు ఓజోన్ పొరవల్ల, అతినీలలోహిత కిరణాలు సోకి నశించకుండ రక్షించబడుతున్నాయి. 390 mμ నుంచి 760 mμ తరంగదైర్ఘ్యత గల కనబడుతున్న కాంతి మరియు 760 mμ నుంచి 100,000 mμ తరంగదైర్ఘ్యత గల పరారుణ (infra red radiations) కాంతి కిరణాలు మాత్రమే భూ ఉపరితలాన్ని సోకుతున్నాయి. ఈ కాంతి కిరణాలలో కొన్ని కిరణాలు శూన్యంలోకి తిరిగి వక్రీభవనం చెందుతాయి. మరికొన్ని వాతావరణంలోని నీటి ఆవిరి (తేమ) చే శోషించబడుతాయి. సాధారణంగా ఒకరోజుకు భూతలాన్ని చేరుతున్న సౌరశక్తి (Solar energy) లో 10% అతినీలలోహిత కిరణాలు, 45% కనబడుతున్న కిరణాలు (visible radiations), 45% పరారుణ కిరణాలు ఉంటాయి (Reinfsnyder and Lull 1965).

వృక్షాలు 400 mμ నుంచి 500 mμ తరంగదైర్ఘ్యం గల నీలి కాంతి (blue light) కిరణాలను, 600 mμ నుండి 700 mμ తరంగదైర్ఘ్యం గల ఎరుపు కాంతి (red light) కిరణాలను అత్యధికంగా గ్రహిస్తాయి. అదే విధంగా 492 mμ నుంచి 535 mμ తరంగదైర్ఘ్యం గల ఆకుపచ్చ కాంతి (green light) కిరణాలను కూడా అధికంగానే గ్రహిస్తాయి. కాని దూరపు పరారుణ కాంతి (far infra red radiations) కిరణాలను, అధికంగానే గ్రహించినప్పటికీ, దగ్గరి పరారుణ కాంతి (near infra red light) కిరణాలను మాత్రం అతి తక్కువగా గ్రహిస్తాయి (Gates, 1965). హరిత వృక్షాలు ప్రత్యేకంగా నీలి మరియు ఎరుపు కాంతి కిరణాలను గ్రహించి సౌరశక్తి (Solar energy) ని రసాయనశక్తి (chemical energy) గా మారుస్తాయి. ఈ రసాయనశక్తి (కార్బోహైడ్రేటులు, పిండిపదార్థాలు) జీవ అనుఘటకాలకు ఆహారశక్తి (ఆహారం)గా వినియోగపడుతుంది.

భౌమావరణ వ్యవస్థకు వచ్చే సౌరశక్తి ప్రమాణం, హరిత వృక్షాలు కిరణ జన్య సంయోగక్రియలో వినియోగించుకునే శక్తి ప్రమాణం, ఉత్పత్తిదారుల నుంచి వినియోగదారులకు వినియోగపడే శక్తి ప్రవాహ ప్రమాణం మొదలైన అంశాలు శక్తిశాస్త్రం (energetics) ద్వారా విశదమవుతున్నాయి. ఒక



పటం 2.12 భౌమావరణం చేరుతున్న సౌరశక్తి

సంవత్సరంలో దాదాపు 15×10^8 క్యాలరీలు m^{-2} సౌరశక్తి భౌమావరణంలో గ్రహించబడుతుంది (Phillipson, 1966). దీనిలో 34% శక్తి మేఘాలు, దుమ్ము రేణువుల వల్ల వక్రీభవనం చెంది తిరిగి వెనుకకు అంతరిక్షంలోకి మరలుతుంది. ఓజోన్ పొర, నీటి ఆవిరి, ఇతర వాయువులచే 9% శక్తి హరించ బడుతుంది. అదే విధంగా 10% శక్తిని వాతావరణం శోషిస్తుంది. ఇక మిగిలిన 47% సౌరశక్తి భూతలాన్ని చేరుకుంటుంది. ఈ శక్తిలో హరిత వృక్షాలు కేవలం 1% నుంచి 5% సౌరశక్తిని గ్రహించి రసాయనశక్తి (కార్బోహైడ్రేటులు) గా మారుస్తాయి. ఇది పోగా మిగిలిన 42% నుంచి 46% సౌరశక్తిని నేల, నీరు, వృక్షాలు ఉష్ణం రూపంలో గ్రహిస్తాయి. అయితే వాతావరణ నిర్మలత్వం, భూ ఉపరితలం ఎత్తును బట్టి వివిధ ప్రదేశాలు వివిధ రకాలుగా శక్తి ప్రమాణాలను గ్రహిస్తాయి. భూమధ్య రేఖ ప్రాంతం, ఇతర ఉష్ణ మండల ప్రాంతాలలో అధిక ప్రమాణాలలో సౌరశక్తి గ్రహించబడుతుంది. ఉత్తరార్ధగోళం, దక్షిణార్ధ గోళాలు, ఎత్తైన పర్వత శిఖరాలు తక్కువ స్థాయిలో సౌరశక్తిని గ్రహిస్తాయి. బ్రిటన్‌లో గ్రహించబడే సౌరశక్తి విలువ రమారమి సంవత్సరానికి 25×18 కాలరీలు m^{-2} ఉంటుందని **ఫిలిప్సన్ (Phillipson, 1966)** పరిశోధనలో తేలింది. మిచిగన్ (Michigan) లో సంవత్సరానికి **4.7×10^8** కాలరీలు m^{-2}, జార్జియా (Georgia U.S.A) లో సంవత్సరానికి 6.0×10^8 కాలరీలు m^{-2} సౌరశక్తి గ్రహించబడుతుందని అంచనాలు ఉన్నాయి (Golley, 1960).

4. ఆవరణ వ్యవస్థలో శక్తి ప్రవాహం
(Energy flow in the Ecosystem)

ఆవరణ వ్యవస్థలో వక్తి ఎప్పుడూ ఒకే దిశలో చలిస్తుంది. కాబట్టి ఆ శక్తి చలనాన్ని సాధారణంగా 'శక్తి ప్రవాహం' అంటారు. ఆవరణ వ్యవస్థలో ప్రవహించిన శక్తి మొత్తాన్ని పర్యావరణ శక్తి (Environmental energy) అంటారు. శక్తిని సృష్టించలేము, నాశనం చేయలేము. శక్తి ఒక రూపం నుంచి వేరొక రూపానికి మార్పు చెందుతుంది. ఇది థెర్మోడైనమిక్స్‌లోని మొదటి సూత్రం (Law of conservation of energy). థెర్మోడైనమిక్స్‌లోని రెండవ సూత్రమైన 'The Law of entropy' ప్రకారం శక్తి, అధిక గాఢత నుండి అల్పగాఢతకు వితరణ చెందుతుంది. హరితవృక్షాలు సౌరశక్తిని వినియోగించుకొని రసాయనశక్తిగా మారుస్తాయి.

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{హరితం}]{\text{సౌరశక్తి}} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2 \uparrow$$

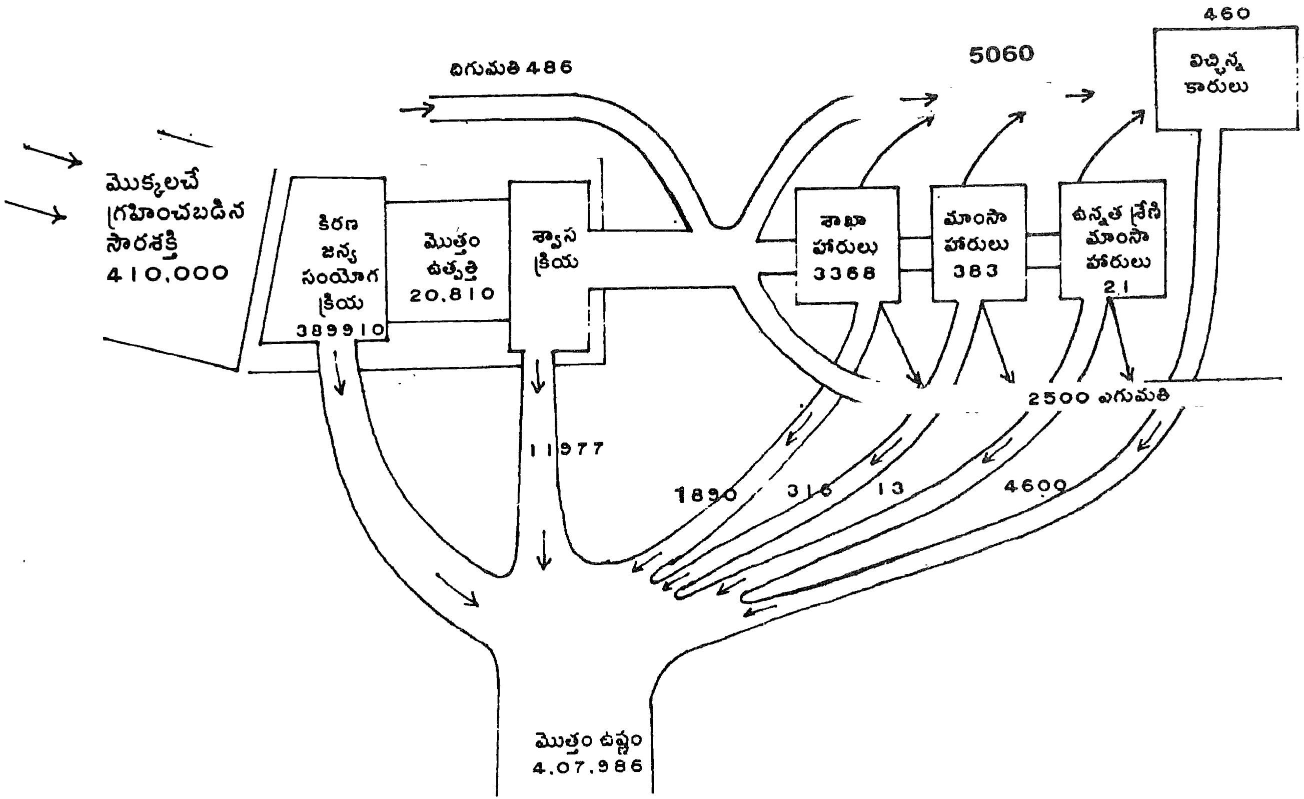
హరిత వృక్షాలు గ్రహించిన సౌరశక్తితో కార్బోహైడ్రేట్లు ఏర్పడగా, వీటిలో కొంతభాగం శ్వాసక్రియలో వినియోగపడుతుంది. మిగిలిన భాగం ప్రథమ, ద్వితీయ, తృతీయ వినియోగదారులకు వరుసగా బదిలీ అవుతుంది. ప్రతీ పోషకస్థాయిలో శక్తి ఒక రూపం నుండి ఇంకొక రూపానికి మార్పిడి చెందుతుంది. ప్రతి పోషక స్థాయిలో కొంత శక్తి ఉష్ణం రూపంలో వెలువడి వినియోగపడదు. ఈ విధంగా శక్తి అధిక గాఢతనుంచి అల్పగాఢతకు ప్రవహించి, థెర్మోడైనమిక్స్ రెండవ సూత్రానికి అనుబంధంగా ఉంటుంది.

శక్తేయాలను దృష్టిలో పెట్టుకొని ఒక ఆవరణ వ్యవస్థలో ఈ కింది విషయాలను గురించి అవగాహన చేసుకోవటం అత్యవసరం.

1. ఉత్పత్తిదారులు సౌరశక్తిని గ్రహించి పిండిపదార్థాల ఉత్పాదనలో సామర్థ్యాన్ని కలిగి ఉంటాయి.
2. ఉత్పత్తిదారుల ఉత్పాదనను వినియోగదారులు వినియోగించుకొంటాయి.
3. వినియోగదారులు గ్రహించిన ఆహారపదార్థంలో కొంతభాగం, వినియోగదారులు జీర్ణించుకునే సామర్థ్యాన్ని బట్టి జీర్ణమవుతుంది.
4. శ్వాసక్రియలో కొంత శక్తి నష్టమవుతుంది.
5. దేహం నుంచి వెలువడే మలిన పదార్థాల ద్వారా కొంత శక్తి నష్టపోతుంది.
6. జీవరాశులతో మిగిలిన శక్తిని నికర ఉత్పత్తి అంటారు.

ట్రాన్సు (**Transeau, 1926**) ఉత్పత్తిదారుల ప్రాథమిక ఉత్పత్తి మదింపు లెక్కలను మొట్టమొదటిసారిగా గణించారు. మొత్తం సౌరశక్తిలో 1.6% మాత్రమే మొక్కజొన్న పంటలో కార్బోహైడ్రేటుల ఉత్పాదన మదింపుకు వినియోగపడిందని పేర్కొన్నారు. 50% సౌరశక్తి, కిరణజన్యసంయోగ క్రియకు వినియోగపడటానికి వీలుగానున్నపుడు మొక్కలలో నికర ప్రాథమిక ఉత్పత్తి సామర్థ్యం 2.4%గా ట్రాన్సు (1926) పరిశోధనలో తేలింది. **కూపర్ (Cooper, 1975)** పరిశోధనా ఫలితాలు కూడా ఇంచుమించు ట్రాన్సు (1926) విలువలకు చాలా దగ్గరగా ఉన్నాయి. **జూడే (Juday, 1940)** విస్కోన్సిన్ విశ్వవిద్యాలయం (University of Wisconsin) వారు కొలను ఆవరణ వ్యవస్థలో నానా జాతిమొక్కల సాలుసరి నికర ప్రాథమిక ఉత్పత్తుల మదింపు లెక్కలను గణించారు. కొలనులో ప్రవేశించిన మొత్తం సౌరశక్తిలో 49.5% వక్రీభవనం చెంది నీరు ఆవిరిగా ఏర్పడటానికి 25% సౌరశక్తి, కొలను ఉష్ణోగ్రతను పెంచడానికి 21.7% సౌరశక్తి, స్ప్రింగ్స్‌లోని మంచు కరగటానికి 3% సౌరశక్తి వినియోగపడి, మిగిలిన 0.8% సౌరశక్తి మొక్కల ప్రాథమిక ఉత్పత్తి కోసం ప్రత్యక్షంగా వినియోగించబడింది. **ఓడమ్ (Odum, 1971)** అనుకూల పరిస్థితిలో మొక్కకు ప్రాథమిక ఉత్పత్తి కోసం 5% సౌరశక్తిని వినియోగించుకొనే సమర్థత ఉంటుందని తన అభిప్రాయాలను వెల్లడించాడు. అయితే చెరకు మొక్కలు 7.6% సౌరశక్తిని అధికస్థాయిలో వినియోగించుకొంటాయి.

ఆవరణ శాస్త్రవేత్తలు సముదాయాల గతిశాస్త్రం (Communities dynamics) లో కచ్చితమైన వివరాలతో లేదా ఊహాజనితమైన వివరాలతో శక్తి ప్రవాహ మాదిరులను (Models of energy flow) తయారు చేశారు. అటువంటిశక్తి ప్రవాహ మాదిరిని మొట్టమొదట రూపొందించిన మహాశయుడు **లిండ్మన్ (Lindman, 1942)**. ఇతడు మిన్నెసోటాలోని సిడార్‌బాగ్ సరస్సు (Cedar Bog lake of Minnesota) లో గల వివిధ పోషకస్థాయిల ద్వారా శక్తి ప్రవాహాన్ని వివరించి శక్తి గతిశాస్త్రం (energy dynamics) భావనను అభివృద్ధి చేసి, పోషక గతిశాస్త్రాన్ని (trophic dynamics) రూపకల్పన చేశాడు. అతడు వివిధ సాంకేతిక గుర్తుల ద్వారా ఆవరణ వ్యవస్థలోని శక్తి ప్రవేశం (input), ప్రవాహం (flow), శక్తి, నష్టం (Loss of energy) మొదలైన దశలను గుర్తించాడు. అతడు ఆవరణ వ్యవస్థ విధి నిర్వాహణను, శక్తి నిలువల స్థాయిలను, శక్తి బదిలీ సామర్థ్యం మొదలైన శక్తి సంబంధమైన విజ్ఞానాన్ని ప్రయోగాత్మకంగా నిరూపించాడు. ఆవరణ వ్యవస్థలో ఒక నిశ్చిత స్థాయి వరకు ఉత్పాదన క్రమంగా పెరుగుతూ ఉంటుందని, ఆ తర్వాత క్రమంగా తగ్గిపోతుందని వాదించాడు. నీటి మొక్కల సహజ యూట్రాఫికేషన్ (Eutrophication) లో కూడా శక్తి ప్రవాహం, ఉత్పాదన పెరుగుదల, క్షీణత గురించి వివరణలు కూడా

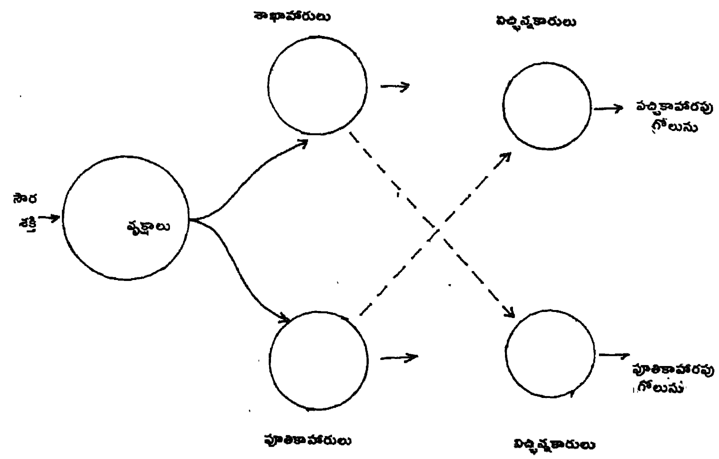


పటం 2.13 సిల్వర్‌స్ప్రింగ్స్ ఫ్లోరిడా - శక్తి ప్రవాహం (కి.కా m^{-2} yr^{-1})

ఇచ్చాడు. దురదృష్టవశాత్తు **లిండ్‌మన్ (Lindman, 1942)** తన 26వ ఏటనే చనిపోవడం వల్ల ట్రాఫిక్ డైనమిక్స్ సంబంధిత పరిశోధన ఆగిపోయింది. ఆ తర్వాత **గొల్లె (Golley, 1960), ఒడమ్ (Odum, 1956 & 1957), స్లోబోడ్‌కిన్ (Slobodkin, 1959, 1960 & 1962), టీల్ (Teal 1957 & 1962)** మొదలైన శాస్త్రవేత్తలు వివిధ రకాల ఆవరణ వ్యవస్థలలో శక్తి ప్రవాహ పద్ధతులను గురించి అనేక పరిశోధనలు చేశారు.

హెచ్.టి. ఒడమ్ (H.T. Odum, 1957) ఫ్లోరిడా సిల్వర్ స్ప్రింగ్ (Florida Silver spring,U.S.A) లో పరిశోధనలు జరిపి శక్తి ప్రవాహచిత్ర పటాన్ని తయారు చేశాడు (పటం 2.13). సంవత్సరానికి ఆస్ప్రింగ్‌లో ప్రవేశించే మొత్తం సౌరశక్తి (incoming solar radiation), 17,00,000 K.cal m^{-2} కాగా సంవత్సరానికి ప్రాథమిక ఉత్పత్తికోసం 4,10,000 K.cal m^{-2} శక్తి వినియోగించబడుతుంది. ఈ శక్తిలో 20,810 K.cal m^{-2} విలువ గల శక్తి సంపూర్ణ ఉత్పత్తి కోసం వినియోగపడి మిగతా 3,89,190 K.cal m^{-2} శక్తి ఉష్ణం రూపంలో నిరుపయోగమైంది. 20,810 K.cal m^{-2} శక్తిలో 11,977 K.cal m^{-2} శక్తి ఉత్పత్తిదారుల శ్వాసక్రియకు వినియోగపడి నశించి పోయింది. ఇక మిగిలిన 8,833 K.cal m^{-2} శక్తి నికర ఉత్పత్తిలో నిలచి ఉంటుంది. దీనిలో 3,368 K.cal m^{-2} శక్తి శాకాహారులు గ్రహిస్తాయి. శాకాహారుల నుంచి మాంసాహారులు 383 K.cal m^{-2} శక్తిని గ్రహిస్తాయి. ఈ మాంసాహారుల నుంచి 21 K.cal m^{-2} శక్తిని ఉన్నతశ్రేణి మాంసాహారులు గ్రహిస్తాయి. ఉత్పత్తిదారుల నుంచి మొదలుకొని ఉన్నతశ్రేణి మాంసాహారుల వరకు అన్ని పోషకస్థాయిల నుంచి మొత్తం 5,060 K.cal m^{-2} శక్తి విచ్ఛిన్నకారులకు ప్రవహిస్తుంది. ఈ శక్తిలో విచ్ఛిన్నకారులు కేవలం 460 K.cal m^{-2} శక్తిని వినియోగించుకొని మిగిలిన 4600 K.cal m^{-2} శక్తిని ఉష్ణం రూపంలో వెలువరిస్తాయి. అదే విధంగా ఉన్నతశ్రేణి మాంసాహారులు 13 K.cal m^{-2} శక్తిని, సాధారణ మాంసాహారులు 316 K.cal m^{-2} శక్తిని, శాకాహారులు 1,890 K.cal m^{-2} శక్తిని, ఉత్పత్తిదారులు 11,977 K.cal m^{-2} శక్తిని శ్వాసక్రియలోనూ, ఇతర విధానాల ద్వారానూ ఉష్ణం రూపంలో వెలువరిస్తాయి. అంతేకాకుండా ఉత్పత్తిదారులు కిరణజన్యసంయోగ క్రియలో ప్రత్యేకంగా 389,910 K.cal m^{-2} శక్తిని వేడి రూపంలో కోల్పోతాయి. శక్తి ప్రవాహంలో మొత్తం ఉష్ణం రూపంలో కోల్పోయిన శక్తి 4,07,986 K.cal m^{-2} వృధా అవుతుంది. అంతేకాకుండ 2,500 K.cal m^{-2} శక్తి ఎగుమతి (export) రూపంలో వృధా అవుతుంది. **ఒడమ్** ప్రతిపాదించిన ఈ శక్తి ప్రవాహం నమూనాలో సముదాయాల పరిమితి, సరిహద్దులు, కాంతి, ఉష్ణ ప్రవాహాల ఎగుమతి-దిగుమతి, కర్బన పదార్థాల నిలువలు, వాటి వివరాలు చక్కగా పొందుపరచాడు.

ఆవరణ వ్యవస్థలలోని శక్తి నిలువల మదింపు లెక్కలను సమీక్షించినపుడు ఒక పోషకస్థాయిలో ఉన్నటువంటి శక్తి విలువలు పూర్తిగా వేరొక పోషక స్థాయిలోని వినియోగదారుల చేత వినియోగించ బడకుండా ఎక్కువ మోతాదులలో శక్తి విలువలు నిరుపయోగంగా మిగిలి ఉంటాయి. శాకాహారులు ప్రథమ పోషకస్థాయిలోని ఉత్పత్తిదారుల ఫలాలు, పత్రాలను, ఇతర లేతభాగాలను, దుంపలను మాత్రమే వినియోగించుకొంటాయి. కాని ధారుఢ్యత గల వేళ్ళు, కాండం, శాఖలు, బెరడు మొదలైన ఎక్కువ శక్తి నిలువలు గల భాగాలను వినియోగించుకోలేవు. అదే విధంగా రెండవ, మూడవ పోషక స్థాయిలలోని మాంసాహారులు మెత్తని మాంసఖండాలను తప్ప, వెంట్రుకలు, చర్మం, ఎముకలు మొదలైన అధికశక్తి



పటం 2.14 Y - ఆకారంలో శక్తి ప్రవాహం నమూనా

గల జంతు భాగాలను వినియోగించుకోలేక వదిలివేస్తాయి. వినియోగదారులు వినియోగించుకొన్న (మ్రింగిన) ఆహారపదార్థాలలో కొంతభాగం జీర్ణమై, మిగతా జీర్ణం కాని భాగం విసర్జకాల రూపంలో బయటికి వదిలి వేయబడుతుంది. పై విధంగా వివిధ పోషకస్థాయిల ద్వారా శక్తి ప్రవాహం ప్రవహించినపుడు ప్రతి పోషక స్థాయిలో సరాసరి 10% శక్తి నిలువలు మాత్రమే నిలువ ఉంటాయనీ, కొంత భాగం వివిధ జీవన క్రియల వల్ల ఉష్ణం రూపంలో నశిస్తుందని, మిగిలిన శక్తి కళేబరాలలో నిలువ ఉంటుందని తెలుస్తుంది (Slobodkin, 1968). అందువల్ల పోషకస్థాయిల పరంపర (successive trophic levels)లో శక్తి ప్రవాహం క్రమంగా తగ్గుతుందని తెలుస్తుంది. ఆహారపు గొలుసు చిన్నదైనపుడు ఎక్కువ ఆహారపు శక్తి (food energy), ఆహారపు గొలుసు పెద్దదైనపుడు తక్కువ ఆహారపు శక్తి వినియోగపడతాయి.

సిల్వర్‌స్ప్రింగ్ ఆవరణ వ్యవస్థలో రెండు మూల ఆహారపు గొలుసులుంటాయని **ఇ.పి. ఓడమ్** (E.P. Odum, 1962) వివరించారు. అదే విధంగా కొన్ని వినియోగదారులు సజీవ పదార్థాలనే తింటాయని, ఇతర వినియోగదారులు నిర్జీవ పదార్థాలనే తింటాయని, ప్రతిఆవరణ వ్యవస్థలో రెండు మూల ఆహారపు గొలుసులుంటాయనీ కూడా తెలిపారు. పచ్చిక ఆహారపు గొలుసు (Grazing food chain) హరిత వృక్షాల నుంచి మొదలై శాకాహారుల ద్వారా మాంసాహారుల వరకు, తద్వారా ఉన్నతశ్రేణి మాంసాహారుల వరకు నడుస్తుంది. ఇది సజీవ ఆహారపు గొలుసు. నిర్జీవ ఆహారపు గొలుసు విసర్జకాలు మరియు కళేబరాలలోని సంక్లిష్ట కర్బన పదార్థాల నుంచి మొదలై పూతికాహారులైన (saprophytes) సూక్ష్మజీవుల వరకు నడుస్తుంది. ఓడమ్ ఉదాహరణల ప్రకారం రెండు ఆహారపు గొలుసులను ఒక దాని నుండి వేరొకటి పూర్తిగా వేరుపరచలేము. ఎందుకంటే పూతికాహారపు గొలుసులో వినియోగపడే జంతువుల మృతకళేబరాలు, విసర్జకాలు ఒకప్పుడు పచ్చిక ఆహారపు గొలుసులో శాకాహారులుగా ఉండి

I = గ్రహించిన శక్తి (input)

NU = వినియోగపడని శక్తి (Not used)

A = జీర్ణమైన శక్తి (Assimilated)

P = ఉత్పత్తి (Production)

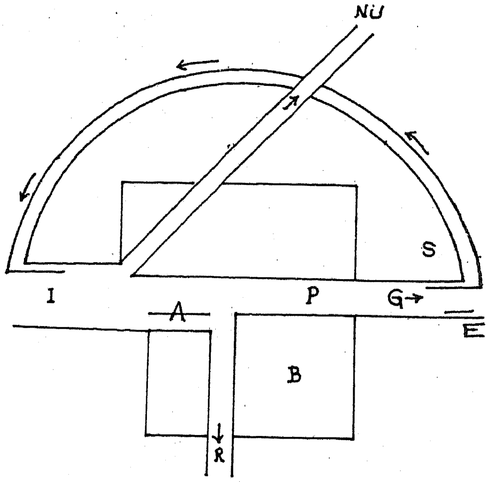
R = శ్వాసక్రియ (Respiration)

G = పెరుగుదల (Growth)

S = నిలవచేసిన శక్తి (Stored energy)

E = విసర్జించిన శక్తి (Excreted energy)

B = జీవద్రవ్యరాశి (Biomass)



పటం 2.15 ఆవరణ శక్తి ప్రవాహం - విశ్వజనీన ఉదాహరణ

ఉంటాయి. కాబట్టి ఈ రెండు ఆహారపు గొలుసులు ఒకదానికొకటి సన్నిహిత సంబంధాలను కల్గి ఉంటాయి. ఈ రెండు ఆహారపు గొలుసులలో ముఖ్యమైన భేదం ఏమిటంటే కాలానుక్రమంగా జీవ అనుఘటకాలు, నిర్జీవ కర్బన పదార్థాలుగా మారి సూక్ష్మజీవులచే విచ్ఛిన్నం చేయబడతాయి. కాబట్టి కాలం అనే కారకం (time factor) ఈ రెండు ఆహారపు గొలుసులపైనా ప్రభావాన్ని చూపిస్తుంది. **ఇ.పి. ఓడమ్** (E.P. Odum, 1968) రెండు ఆహారపు గొలుసులను కలిపి Y- ఆకారంలో శక్తి ప్రవాహ నమూనాను (The Y-Shaped energy flow model) ప్రతిపాదించాడు (పటం 2.14).

ఇ.పి. ఓడమ్ (E.P. Odum, 1968) ఏదైనా ఒక మొక్క, ఒక జంతువు, ఒక సూక్ష్మజీవి వేరు వేరుగా లేదా ఒక జనాభా, సముదాయం, ఆవరణ వ్యవస్థ మొదలైన వివిధ రకాల ప్రమాణాలలో శక్తి ప్రవాహాన్ని చూపించే ఉపయుక్తమైన విశ్వజనీనమైన మాదిరి (Universal Model) చిత్రపటాన్ని ఆవిష్కరించారు.

పటంలో 'B' తో సూచించి బాక్స్ (box) జీవద్రవ్యరాశిని వ్యక్తపరుస్తుంది. జీవ అనుఘటకాలు గ్రహించే మొత్తం శక్తి 'I' చే గుర్తించబడింది. ఈ ఉదాహరణను రెండు విధాలుగా ఉపయోగించుకోవచ్చు.

1. ఈ శక్తి ప్రవాహ నమూనా, ఒక జనాభాలో ఒక జాతికి ఇంకొక జాతితో గల సంబంధాన్ని, అవి తీసుకునే శక్తి సంబంధాన్ని, ద్రవ్యరాశి, శక్తి కాలువల ద్వారా వ్యక్తపరుస్తుంది.

2. ఒకే ఒక బాక్స్ (B) గల చిత్రపటాన్ని మొత్తం పూర్తి జనాభాకు ఉపయోగించవచ్చు, లేదా అదే విధమైన రెండు లేదా మూడు లేదా ఎక్కువ బాక్సులను ఉపయోగించి వివిధ పోషక స్థాయిల (Trophic levels) జీవనక్రియను, ఆహార వినియోగాన్ని, శక్తి ప్రవాహాన్ని సులువుగా తెలుసుకోవచ్చు.

5. జీవ-భూ-రసాయన వలయాలు
(Bio-geo-chemical cycles)

జీవరాశులకు వాటి జీవనక్రియా (metabolic processes) నిర్వాహణలో దాదాపు 50 రకాల మూలకాలు, తత్సంబంధ రసాయన పదార్థాలు అవసరముంటాయి. ఈ 50 మూలకాలలో C, H, O, P, K, N, S, Ca, Fe, Mg, B, Zn, Mo, Co, I, Mn, Cu మొదలైన స్థూల, సూక్ష్మ మూలకాలు అధికమోతాదుల్లోనూ, మిగతా మూలకాలు నామమాత్రంగానూ అవసరముంటాయి. కార్బన్ (C), హైడ్రోజన్ (H), ఆక్సిజన్ (O) మొదలైన వాయువులు కార్బోహైడ్రేటులు (పిండి పదార్థాలు), కొవ్వుపదార్థాలు ఏర్పడటంలో ప్రముఖ పాత్ర వహిస్తాయి. ప్రోటీన్ల జీవసంశ్లేషణ (Biosynthesis) లో నత్రజని (N) అత్యంత ఆవశ్యకం. కేంద్రకామ్లాల (Nucleic acids-RNA, DNA) తయారీలో నత్రజని, ఫాస్పరస్ (P) ఉపయోగపడుతాయి. ఫాస్పరస్ వల్లనే కణాల నుండి శక్తి రవాణా (transformation of energy) కూడా జరుగుతుంది. గంధకం (S), అమైనో ఆమ్లాల ఉత్పాదనలో అత్యవసరం. క్లోరోఫిల్ జీవసంశ్లేషణలో మెగ్నీషియమ్ కీలకపాత్ర వహిస్తుంది. కాల్షియమ్ (Ca) కణకవచాలకు దృఢత్వాన్ని కలుగజేస్తుంది. పెరుగుదలకు పొటాషియమ్ (K) అత్యంత అవసరం. ఇంకా ఇనుము (Fe), మాలిబ్డినమ్ (Mo), రాగి (Cu) మొదలైన మూలకాలు, తత్సంబంధ రసాయనాలు వివిధ ఎంజైమ్‌ల ఉత్పాదనకు, ఎంజైమ్‌ల కార్యనిర్వహణకు తోడ్పడతాయి. జీవరాశులు వివిధ రకాల మూలకాలను, రసాయన పదార్థాలను శోషించి జీవితాంతం ఉపయోగించుకొని కాలగమనంలో మరణిస్తాయి. మరణించిన జీవుల కళేబరాలలోని సంక్లిష్ట కర్బన పదార్థాలు బాక్టీరియమ్‌ల వంటి సూక్ష్మజీవులచే విచ్ఛిన్నమై, సరళ పదార్థాలుగా మారి పర్యావరణం (Environment) లో కలిసిపోతాయి.

పర్యావరణంలోని వివిధ మూలకాలు జీవ అనుఘటకాలలో ప్రవేశించి, వాటి మరణానంతరం తిరిగి నిర్జీవ అనుఘటకాలతో కలిసిపోవటం వంటి నిరంతర ప్రవాహ చర్యా, ప్రతిచర్యల వలయాలను (Cyclic pathways) "జీవ-భూ-రసాయన వలయాలు" అంటారు. అదే విధంగా పర్యావరణంలోని నిర్జీవులకు, సజీవులకు మధ్య జరిగే పదార్థాల వినిమయ (Exchange) అధ్యయనాన్ని "జీవ-భూ-రసాయన శాస్త్రం" అంటారు.

మూలకాలను ఘన, ద్రవ, వాయు రూపాల్లో జీవరాశులు గ్రహిస్తాయి. ఆవరణ వ్యవస్థలో నిర్జీవ-సజీవ అనుఘటకాల మధ్య జరిగే పదార్థాల వినిమయాన్ని పరిశీలించినపుడు నిర్మాణాత్మక క్రియ (Anabolism) ద్వారా జీవ అనుఘటకాల ఉత్పాదన జరిగి విచ్ఛిన్నక్రియ (Catabolism) ద్వారా తిరిగి నిర్జీవ అనుఘటకాలు ఏర్పడి సహజ మూలకాల సమతుల్యత (Balance) కొనసాగుతుంది.

జీవ-భూ-రసాయన వలయాలలోని రకాలు :

ప్రకృతిలోని జీవ-భూ-రసాయన వలయాలను మూడురకాలుగా విభజిస్తారు.

1. **వాయువలయాలు (Gaseous Cycles)**
2. **జల వలయం (Hydrological cycle/Water cycle)**
3. **అవక్షేపవలయాలు (Sedimentary Cycles)**

1. వాయువలయాలు

వాతావరణం, జీవరాశులు, మృత్తిక మధ్య వివిధ వాయువుల పరస్పర వినిమయాన్ని (exchange) "వాయువలయం" అంటారు. వాయువలయాలను తిరిగి

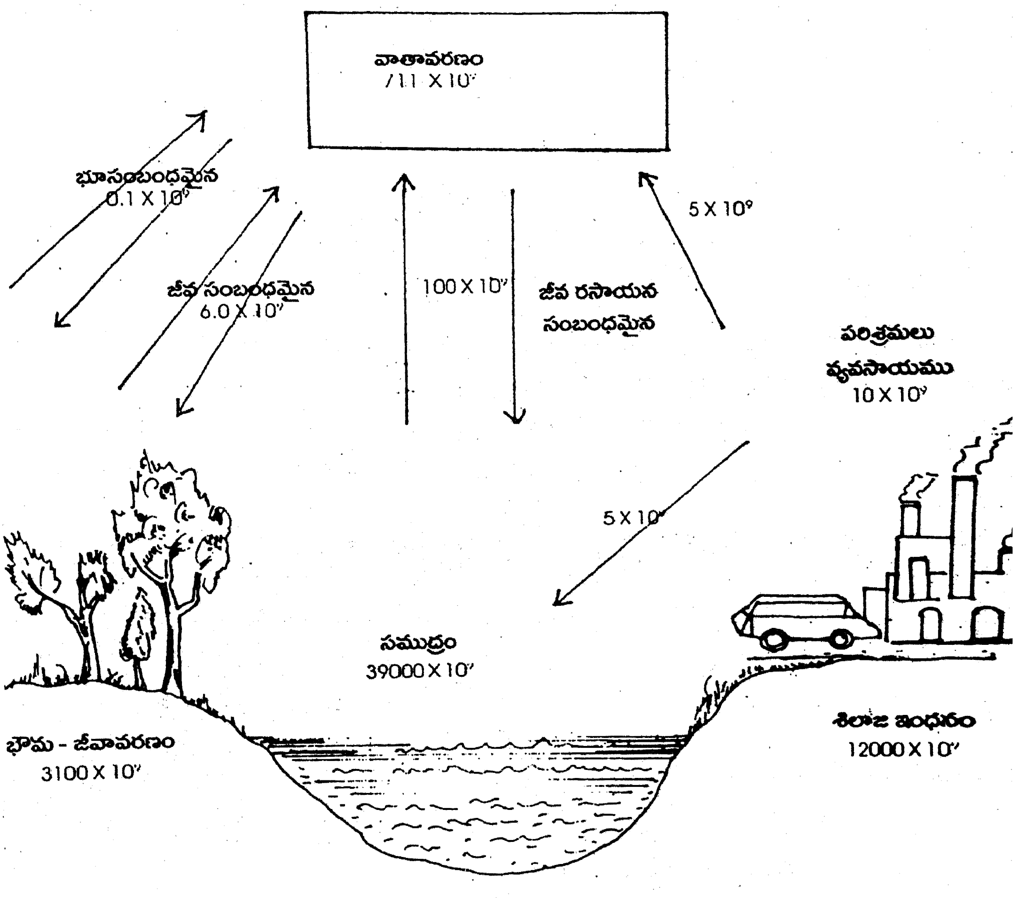
ఎ) కర్బన వలయం (Carbon Cycle)

బి) ఆక్సిజన్ వలయం (Oxygen Cycle)

సి) నత్రజని వలయం (Nitrogen Cycle) అని మూడు రకాలుగా విభజించవచ్చు.

ఎ) కర్బన వలయం

జీవరాశులు, నీరు, వాతావరణం మధ్య జరిగే కర్బన వినిమయాన్ని "కర్బనవలయం" అంటారు. వాతావరణంలో కర్బనం సాధారణంగా కార్బన్‌డైఆక్సైడ్ వాయువు రూపంలో, స్వేచ్ఛా స్థితిలో ఉంటుంది. వాతావరణంలో కర్బనం ప్రమాణం 0.032% $^{v}/_{v}$ మాత్రమే అయినప్పటికీ ఇది లేనిదే మొక్కలు



పటం 2.16 భౌగోళిక కర్బనవలయం

కార్బోహైడ్రేటు (పిండిపదార్థం)లను కిరణజన్యసంయోగక్రియ ద్వారా ఉత్పత్తి చేయలేవు. కర్బనం లేనపుడు జీవి మనుగడకు తావులేదు.

భౌగోళిక కర్బన వలయాన్ని పరిశీలించినపుడు వివిధ స్థాయిలలో ఉన్న కర్బన స్వరూపం, పరిమాణం స్పష్టంగా తెలుస్తుంది. వాతావరణంలో నున్న మొత్తం కర్బనం 711×10^9టన్నులు మాత్రమే. పారిశ్రామిక విప్లవానికి (Industrial revolution) పూర్వం భౌమావరణం (Geosphere) లో కర్బనం సమతుల్యతా స్థితిలో ఉండేది. కానీ పట్టణాభివృద్ధి, పారిశ్రామికీకరణ వల్ల కర్బనం నిశ్చలస్థితి (stability) నశించిపోయింది. అడవులను నరకటం, శిలాజ ఇంధనం మండటం, పరిశ్రమల స్థాపన, రవాణా వాహనాల సంఖ్య పెరగటం, నూతన వ్యవసాయ పద్ధతులు మొదలైన అభివృద్ధి పనుల వల్ల కర్బన పరిమాణం అవధులు దాటింది. దీనికి తోడు జీవఅనుఘటకాలు శ్వాసక్రియలో వదిలిన కార్బన్‌డైఆక్సైడ్ వాతావరణంలో కలుస్తుంది. ఈ వాతావరణంలోని కార్బన్‌డైఆక్సైడ్ వాయువు మాత్రమే కిరణజన్యసంయోగక్రియలో వినియోగపడి మొక్కలలో కార్బోహైడ్రేటుల ఉత్పాదనకు దోహదం చేస్తుంది.

సముద్రాలలో కర్బనం దాదాపు $39,000\times10^9$ టన్నులు, అదే విధంగా శిలాజ ఇంధనంలో $12,000\times10^9$ టన్నులు ఉంటుందని అంచనా. కిణ్వనం (fermentation) ద్వారా బాక్టీరియమ్‌ల వల్ల ఉత్పన్నమైన నత్రికామ్లం (HNO_3), సల్ఫ్యూరికామ్లం (H_2SO_4) వంటి అకర్బన ఆమ్లాలు వివిధ చర్యల వల్ల భూ పటలం (Earths crust) లోని సున్నపు రాళ్ళనుంచి కార్బన్‌డయాక్సైడ్ వాయువు విడుదల అవుతుంది. ***కార్బాక్సీడిస్మోనాస్ ఓలిగోకార్బోఫిల (Carboxydismonas oligocarbophila)*** అనే బాక్టీరియం చర్యవల్ల కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ ఆక్సీకరణ చెంది కార్బన్‌డైఆక్సైడ్ వాయువు విడుదలవుతుంది. కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ ప్రకృతిలో చాలా అరుదుగా ఉంటుంది. శిలాజ ఇంధనాలు మండినపుడు కొద్ది ప్రమాణంలో కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ ఉత్పన్నమవుతుంది. ఇది సమస్త జీవరాశులకు విషవాయువు. కార్బన్ డయాక్సైడ్ వాయువు నీటితో కల్సి కార్బానిక్ ఆమ్లం (H_2CO_3) గా మారుతుంది. కార్బానిక్ ఆమ్లం హైడ్రోజన్ (H^+) అయాన్‌లను విడుదల చేసి కార్బోనేటు (CO_3^{--}) గా మారుతుంది. ఈ కార్బోనేటు తిరిగి నీటితో చర్యపొంది బై కార్బొనేట్ (HCO_3^-) గా మారుతుంది.

$$H_2O+CO_2 \longrightarrow H_2CO_3$$

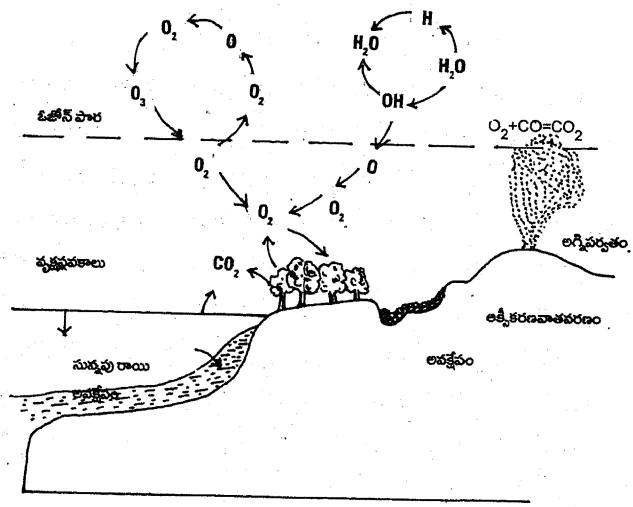
$$H_2CO_3 \longrightarrow H^++HCO_3^-$$

$$HCO_3^- + H_2O \longrightarrow H_3O^++CO_3^{--}$$

సముద్రాలలో కర్బనం నిలువలు కార్బోనేట్లు, బైకార్బోనేట్లుగా ఉంటాయి. వాతావరణంలోని కార్బన్‌డయాక్సైడ్‌కు 50 రెట్లు ఎక్కువ కర్బన పదార్థం సముద్రాలలో ఉంటుంది. సముద్ర గర్భంలో కార్బోనేటు నిలువలు అధికంగా ఉండడం వల్ల కాల్షియమ్ కార్బొనేటు శిలలు (Calcium carbonate rocks), పగడపు దిబ్బలు పుష్కలంగా కనబడుతాయి. అంతేకాకుండా సముద్రపు నీటిలో క్షారత్వం (Alkanity) ఉండడం వల్ల అధిక ఉష్ణోగ్రతలో గవ్వలు, శంఖాలు, ముత్యపుచిప్పలు, పగడాలు మొదలైన విలువైన వస్తువులు ఏర్పడతాయి. కార్బన్‌డయాక్సైడ్ వాయువు దూరారుణ కాంతి (infraredradiations)ని గ్రహించే విశిష్టధర్మాన్ని కల్గి ఉంటుంది. అందువల్లనే భౌమావరణ ఉష్ణోగ్రత పెరుగుదలకు కార్బన్‌డైఆక్సైడ్ కూడా కొంత వరకు దోహదపడుతుంది.

బి) ఆక్సిజన్ వలయం

వాతావరణం, మృత్తిక జలం, ఓజోన్‌పొర మరియు జీవరాశుల మధ్య ఆక్సిజన్ వాయువు పరస్పర పరివర్తన జరగడాన్ని ఆక్సిజన్ వలయం అంటారు. వాతావరణంలో ఆక్సిజన్ వాయువు 20.9476% $^{V}/_{V}$ ప్రమాణంలో ఉంటుంది. ఇది జీవుల శ్వాసక్రియలో అత్యంతావశ్యకమైన వాయువు. బ్రేకర్ (Broecker, 1970) భౌమావరణ వ్యవస్థలో ప్రతి చదరపు మీటరుకు 60,000 మోల్స్ లేదా ఒక టన్ను ఆక్సిజన్ ఉంటుందని తెలిపాడు. జీవావరణంలోని హరితవృక్షాలు కిరణజన్య సంయోగక్రియలో విడుదల చేసిన ఆక్సిజన్ వాయువు సంవత్సరానికి ప్రతి చదరపు మీటరుకు 8 మోల్స్ ఉంటుందని అంచానాలు వేయడం జరిగింది. కిరణజన్య సంయోగక్రియలో విడుదలైన ఆక్సిజన్ మొత్తం దాదాపు సర్వప్రాణుల శ్వాసక్రియకు సరిపడ వినియోగమవుతుంది. అయినప్పటికీ ప్రతి 15 మిలియన్ భాగాలలో



పటం 2.17 ఆక్సిజన్ వలయం

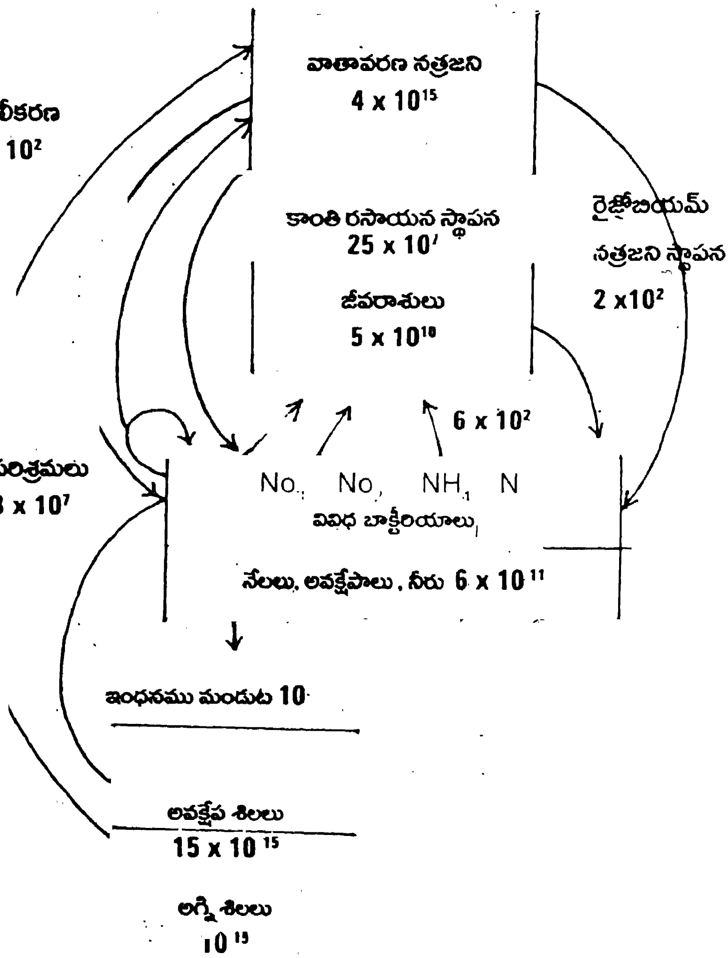
1 భాగం ఆక్సిజన్ వాతావరణలో నిలువ చేయబడుతుంది. ఈ మిగిలిన ఆక్సీజన్‌లో కూడా కొంతభాగం కర్బనం, ఇనుము, గంధకం, ఇతర ఖనిజాలు శిధిలీకరణ (Weathering) లో ఆక్సికరణ చెందడానికి ఉపయోగపడుతుంది. కార్బోనేటు ఆక్సైడ్ (Oxides of carbonate) శిలలో, నీటిలో కూడా కొంత ఆక్సిజన్ నిర్బంధించబడి ఉంటుంది. నీటిమొక్కలు, నీటిలో కరిగిన ఆక్సిజన్‌నే ఎక్కువగా వినియోగించుకుంటాయి. వాతావరణంలోని ఓజోన్ (O_3) పొరలో కూడా అత్యధిక మోతాదులలో ఆక్సిజన్ ఉంటుంది. ఈ విధంగా వాతావరణంలో ఆక్సిజన్ వాయువు జీవరాశుల అవసరానికి మించి పుష్కలంగానే ఉంటుంది.

సి) నత్రజని వలయం

వాతావరణం, మృత్తిక, జలం జీవరాశులు మొదలైన వాటి మధ్య జరిగే నత్రజని పదార్థాల వినిమయాన్ని నత్రజని వలయమనిఅంటారు. వాతావరణంలో దాదాపు 78.084% $^{V}/_{V}$ పరిమాణంలో

నైట్రోజన్ వాయువుంటుంది. భౌమావరణ వ్యవస్థలో, జలావరణ వ్యవస్థలో నత్రజని వలయం అతి సంక్లిష్టమైంది. వృక్షాలలో క్లోరోఫిల్, ప్రోటీనులు, నైట్రోజన్ మూలకంతో ఏర్పడతాయి. ఇంత ముఖ్యమైన వాయువు అయినప్పటికీ వృక్షాలు కానీ జంతువులు కానీ నైట్రోజన్ వాయువును ప్రత్యక్షంగా గ్రహించలేవు. ఇది జడవాయువు (inert gas), కాబట్టి ఏ రసాయన చర్యలోను సాధారణంగా పాల్గొనదు.

మొక్కలకు లభ్యమయ్యే ముఖ్యమైన నైట్రోజన్ వనరు నేలలోని నైట్రేటులు మాత్రమే. వాతావరణంలోని నైట్రోజన్ వాయువు కొన్ని రకాల సూక్ష్మజీవుల వల్ల సహజీవనం (Symbiosis) లేదా అసహజీవనం (Asymbiosis) వంటి విధానాల వల్ల నేలలలో స్థాపించబడుతుంది. సహజీవన విధానంలో నేలలో నత్రజని స్థాపించే ***రైజోబియమ్ (Rhizobium)*** ప్రజాతికి సంబంధించిన బాక్టీరియమ్‌లు అతి ముఖ్యమైనవి. ఇవిసాధారణంగా లెగ్యుమినోసి కుటుంబానికి సంబంధించిన మొక్కల వేళ్ల బుడిపెలలో ఆవాసాన్ని ఏర్పరచుకొని సహజీవనాన్ని సాగిస్తూ నత్రజనిని నేలలో స్థాపిస్తాయి. ***అనబీన (Anabaena), నాస్టాక్ (Nostoc)*** వంటి నీలి ఆకుపచ్చ శైవలాలు, ***అజటోబాక్టర్ (Azotobacter)*** వంటి వాయుసహిత



పటం 2.18 భౌగోళిక నత్రజని వలయం

(From data fo Holland, 1978 and Bowen, 1979, figures are in tonnes)

బాక్టీరియమ్‌లు, **క్లాస్టరీడియమ్** *(Closteridium)* వంటి వాయురహిత బాక్టీరియమ్‌లు మొదలైన సూక్ష్మజీవులు అసహజీవన విధానంలో నత్రజనిని నేలలో స్థాపిస్తాయి. ఇంకా **రోడోస్పైరిల్లమ్** ***(Rhodospirillum)*** వంటి కిరణ జన్య సంయోగక్రియ జరిపే బాక్టీరియమ్‌లు కూడా నైట్రోజన్‌ను స్థాపిస్తాయి (Kamen, 1953). అంతే కాకుండా వాతావరణం లోని నైట్రోజన్ వర్షరుతువులలో ప్రకాశవంతమైన మెరుపులకు గురై నైట్రేటులుగా నేలలో స్థాపితమవుతుంది. పై విధంగా నత్రజని నైట్రేటు రూపంలో నేలలో స్థాపితమై మొక్కలకు అద్భుతమైన ఎరువుగా వినియోగపడుతుంది. పై విధానాలనన్నింటిని నత్రజని స్థాపన (Nitrogen Fixation) అంటారు.

వృక్షాలు, జంతువుల మరణానంతరం మృతకళేబరాలలోని ప్రోటీనులు, సంక్లిష్ట కర్బన నత్రజని సమ్మేళనాలు, బాక్టీరియమ్‌లు, ఆక్టినోమైసిటీస్, ఇతర శిలీంధ్రాల చేత విచ్ఛిన్నమై సరళ నత్రజని సమ్మేళనాలుగా, సరళ కర్బన సమ్మేళనాలుగా నేలలోనూ నీటిలోనూ కలిసి పోతాయి. అంతే కాకుండా ***బాసిల్లస్ (Bacillus)***, అమ్మోనిఫైయింగ్ బాక్టీరియమ్‌లు (Ammonifying bacteria) వంటి పూతికాహార బాక్టీరియమ్‌లు మృతకళేబరాలలోని క్లిష్ట కర్బన నత్రజని సమ్మేళనాలను మార్చి నత్రజని మరియు అమ్మోనియ (Ammonia) రూపంలో విడుదల చేస్తాయి. ఈ విధానాన్ని 'అమ్మోనిఫికేషన్' (Ammonification) అంటారు.

అమ్మోనియా వాయువు ***నైట్రసోమోనాస్ (Nitrosomonas), నైట్రోబాక్టర్ (Nitrobacter)*** వంటి నత్రీకరణ బాక్టీరియమ్‌ల (Nitrifying microbes) చర్యల వల్ల నైట్రేటులుగా మారి నేలలో కల్సిపోతాయి. ఈ విధానాన్ని నత్రీకరణ (Nitrification) అంటారు.

కొన్ని నైట్రేటులు, ***సూడోమోనాస్ (Pseudomonas), థయోబాసిలస్ డినైట్రిఫికెన్స్ (Thiobacillus denitrificans)*** వంటి వినత్రీకరణ బాక్టీరియమ్‌లు (Denitrifying bacteria) చర్యల వల్ల స్వేచ్ఛా నత్రజని వాయువుగా మారి, నేల నుండి విడివడి వాతావరణంలో కల్సిపోతుంది. ఈ విధానాన్ని 'వినత్రీకరణ' (Denitrification) అంటారు. ఇది వాతావరణంలో ఆక్సిజన్ లేనపుడు మాత్రమే జరుగుతుంది.

అకర్బన నత్రజని నత్రీకరణ, అమ్మోనిఫికేషన్, నత్రజని స్థాపన వంటి విధానాల ద్వారా కర్బన నత్రజనిగా మారి మొక్కల దేహాల్లోకి ప్రవేశిస్తుంది. మొక్కల దేహాలలో కర్బన నత్రజని ప్రోటీనులుగా నిర్మాణమవుతుంది. నత్రజని స్థాపనవల్ల స్థాపించబడిన కర్బన నత్రజని వినత్రీకరణవల్ల అకర్బననత్రజనిగా మారి వాతావరణంలోకి వెలువడి, వాతావరణంలోని నత్రజని స్థాయి ఎల్లప్పుడు క్రమబద్ధంగా ఉంటుంది. నత్రీకరణ, అమ్మోనిఫికేషన్, నత్రజనిస్థాపన, వినత్రీ కరణ విధానాలను ఒక వలయంలో చూపినపుడు ఆ వలయాన్ని "నత్రజని వలయం" అంటారు.

ప్రస్తుత కాలంలో పారిశ్రామిక విధానంలో హెబర్స్ పద్ధతి (Habers' process) ద్వారా ఎక్కువ మొత్తాలలో నత్రజని స్థాపన జరుగుతుంది. ఈ విధంగా స్థాపించబడిన నత్రజని వినత్రీకరణ చెందకపోవడం వల్ల నైట్రేటులు నేలలో, నీటిలో అధికంగా పోగవుతున్నాయి. నీటిలో అధికంగా నైట్రేటులు చేరడం వల్ల యూట్రోఫికేషన్ (Eutrophication) ఏర్పడుతుంది. కాంతి రసాయన (Photochemical) సంబంధమైన, విద్యుత్ సంబంధమైన చర్యల వల్ల నత్రజని స్థాపన జరిగి సంవత్సరానికి 2.5×10^{10} Kg ల నైట్రుటులు ఏర్పడుతున్నాయి (Holland, 1970). జీవశాస్త్ర సంబంధమైన నత్రజని స్థాపనలో సంవత్సరానికి 6×10^{12} Kg ల పరిమాణం గల నైట్రేటులు స్థాపించ బడుతున్నాయి (Bowen, 1979).

పారిశ్రామిక పద్ధతుల ద్వారా శిలాజ ఇంధనం మండటం వల్ల వివిధ నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లు సంవత్సరానికి 8×10^{10} Kg ల పరిమాణంలో వెలువడుతున్నాయి. సూక్ష్మజీవుల వల్ల నత్రజని స్థాపనలో సంవత్సరానికి 2×10^{11} Kg ల నైట్రేటులు ఏర్పడుతున్నాయి. సంవత్సరాంతం స్థాపించబడిన మొత్తం కర్బన నత్రజని తిరిగి ఇంచుమించు అంతే మొత్తంలో వినత్రీకరణ ద్వారా అకర్బననత్రజనిగాఏర్పడి వాతావరణంలోకి విడుదల అవుతుందని శాస్త్రవేత్తల అంచనా. నత్రజని స్థాపన వల్ల ఏర్పడిన కర్బన నత్రజనిలో కొంతభాగం అవక్షేపశిలాజాలు (fossilization in sediments) ఏర్పడడానికి వినియోగపడుతుంది.

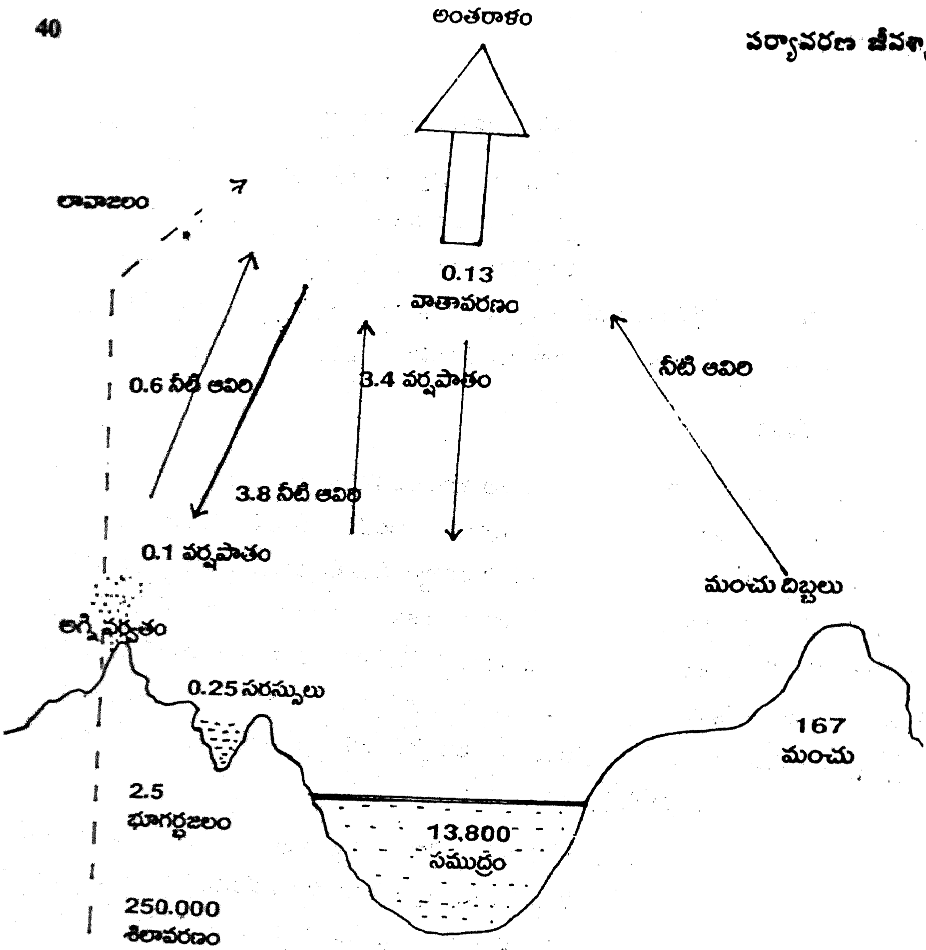
2. జలవలయం

జీవరాశులు, వాతావరణం, మృత్తిక, జలాశయాలు, సముద్రాల మధ్య నీరు పరస్పర మార్పిడి (Interchange) జరగడాన్ని "జలవలయం" అంటారు. జలవలయం అన్ని వలయాల కంటే చాలా ముఖ్యమైంది. ప్రాణికి నీరు అత్యంత నిత్యావసర పదార్థం. నీరు ఆవరణవ్యవస్థ నిర్మాణాన్ని, విధులను స్థిరపరచి ఉష్ణోగ్రతను క్రమబద్ధం చేస్తుంది. వివిధ మూలకాలు, రసాయనాల ప్రవాహానికి నీరే ముఖ్యమైన యానకం. నీరు సాధారణ ద్రావణి (solvent) కాబట్టి వివిధ రకాల పదార్థాలను తనలో కరిగించుకొని జీవఅనుఘటకాల లోకి ప్రవహిస్తుంది. కిరణజన్య సంయోగక్రియలో నీరు H^+ అయాన్‌లను ఉత్పత్తి చేసి కార్బన్‌డైఆక్సైడ్‌ను క్షయకరణ చెందిస్తుంది. జీవ పదార్థంలో 85% నుండి 90% వరకు నీరే ఉంటుంది. అదే విధంగా రక్తంలో కూడా 90% నీరు ఉంటుంది.

ప్రపంచంలో నాలుగింట మూడువంతులు నీరు, ఒకవంతు భూభాగం ఉన్నాయి. ఈ నీటిలో 97% నీరు సముద్రపునీరు. 2% నీరు హిమనీ నదాలు (glaciers), మంచుకొండలపై మంచు దిబ్బల (ice caps) లో మంచు రూపంలో గడ్డకట్టుకొని ఉంటుంది. 1% నీరు వర్షం, ఆవిరి, చెరువులు, సరస్సులు, నదులు, సెలయేళ్ళు, భూ అంతర్భాగంలో వ్యాపించి ఉంది. భౌమావరణంలో ఈ నీరు 1%మే అయినప్పటికినీ యావత్ జీవావరణ జీవక్రియల నిర్వహణకు పుష్కలంగా సరిపోతుంది.

పట్టిక 2.1 నీటి వనరులు - జలవలయం (Hutchinson, 1957)

క్ర.సం.	నీటివనరులు	నీటి ఘనపరిమాణం జియోగ్రామ్‌లలో (G) = 10^{20}g
1.	శిలావరణం (Lithosphere)	250000.00 G
2.	అవక్షేపశిలలు (Sedimentary rocks)	2100.00 G
3.	సముద్రాలు (Oceans)	13800.00 G
4.	సరస్సులు, నదులు (Rivers & lakes)	0.25 G
5.	వాతావరణంలో నీటి ఆవిరి (Vapours)	0.13 G
6.	మంచుకొండలు, ధృవప్రాంతాలు, మంచుదిబ్బలు (Polar ice caps)	167.00 G
7.	భూగర్భజలం (Ground Water)	2.50 G
	ప్రపంచంలో మొత్తం నీటి ఘనపరిమాణం =	266069.88 G



(Figures are geotherms (10^{20}g) H_2O. Data from Hutchinson, 1957)

ప్రతి సంవత్సరం 4.46 జియోగ్రామ్ (G) ల నీరు వర్షపాతంగా కురుస్తుంది. దీనిలో 3.47G ల వర్షపాతం సముద్రాలపైననే కురుస్తుంది. దాదాపు 1.0G ల వర్షపాతం భూభాగంపై పడుతుంది. దీనిలో 0.2G ల నీరు నదుల ద్వారా సముద్రాలకు ప్రవహిస్తుంది. 0.6G ల నీరు ఆవిరిగా మారి వాతావరణంలో కలుస్తుంది. అయితే కేవలం 0.2G ల నీరు మాత్రమే భూగర్భ జలంగా నిలువచేయ బడుతుంది. ఉత్తర, దక్షిణ ధృవాలలో నున్న ఎత్తైన మంచుకొండల నుంచి 0.13G ల నీరు ఆవిరి రూపంలో మేఘాలుగా మారుతుంది. మొత్తం మీద 0.004% అంటే 10G ల నీరు మాత్రమే జలవలయంలో ప్రవహిస్తుంది.

భూతలానికి, వాతావరణానికి మధ్య నీటి వలయం నిరంతరం ఎడతెరిపి లేకుండ ప్రవహిస్తుంది. సరస్సులు, నదులు, సముద్రాలలోని నీరు బాష్పీభవనం చెంది వాతావరణంలో మేఘాలుగా మారతాయి. దీనికి తోడు మొక్కలు బాష్పోత్సేకం ద్వారా కోల్పోయిన నీరు కూడా వాతావరణంలో కలుస్తుంది. మేఘాలు చల్లబడినపుడు నీరు, వర్షం లేదా వడగండ్లు (hails) లేదా పొగమంచు(dew) లేదా మంచు (snow) రూపంలో నేలను చేరుతుంది. నేలను చేరిన నీటిలో అధికభాగం నదీ ప్రవాహాల ద్వారా తిరిగి సముద్రంలో కలుస్తుంది. అయితే మిగిలిన కొంతభాగం నీరు భూమిలోకి ఇంకిపోయి జీవావరణ అవసరాలను తీర్చటానికి వినియోగపడుతుంది.

3. అవక్షేపవలయాలు

మృత్తిక, నీరు, మొక్కలు, జంతువుల మధ్య ఫాస్ఫరస్, కాల్షియమ్, మెగ్నీషియం వంటి అనేక మూలకాల పరస్పర మార్పిడి జరగడాన్ని "అవక్షేపవలయం" అంటారు. ఫాస్పరస్, కాల్షియమ్, మెగ్నీషియమ్, సల్ఫర్ మొదలైన మూలకాలు సాధారణంగా అవక్షేపవలయంలో ఉంటాయి. ఇందులో ఒక సల్ఫర్ మాత్రం కొన్ని పరిస్థితులలో కొంత మేరకు వాయురూపంలో ఉన్నప్పటికీ ఎక్కువగా అవక్షేపస్థితిలోనే ఉంటుంది. అవక్షేపవలయంలో వివిధ మూలకాలు నేలలో అంతర్గతంగా ఉండి, నేలక్రమక్షయం (Soil erosion), అవక్షేపం (Sedimentation), పర్వతాలు ఏర్పడడం (Mountain building), అగ్నిపర్వతాల లావా మొదలైన చర్యల ద్వారా ఒకచోట నుండి వేరొక చోటికి రవాణా జరుగవచ్చు. అవక్షేపవలయాలు వాయువలయంలాగా సంపూర్ణమైన వలయాలు కావు. దీనిలో ఒక్కొక్కసారి కొన్ని మూలకాలు ఒకే దశలోనే స్థిరపడి చలించకుండా ఉంటాయి. ప్రస్తుతం 4 రకాల అవక్షేపవలయాలను చర్చించడం జరిగింది. అవి :-

ఎ. సల్ఫర్ వలయం (Sulphur Cycle)

బి. ఫాస్ఫరస్ వలయం (Phosphorus Cycle)

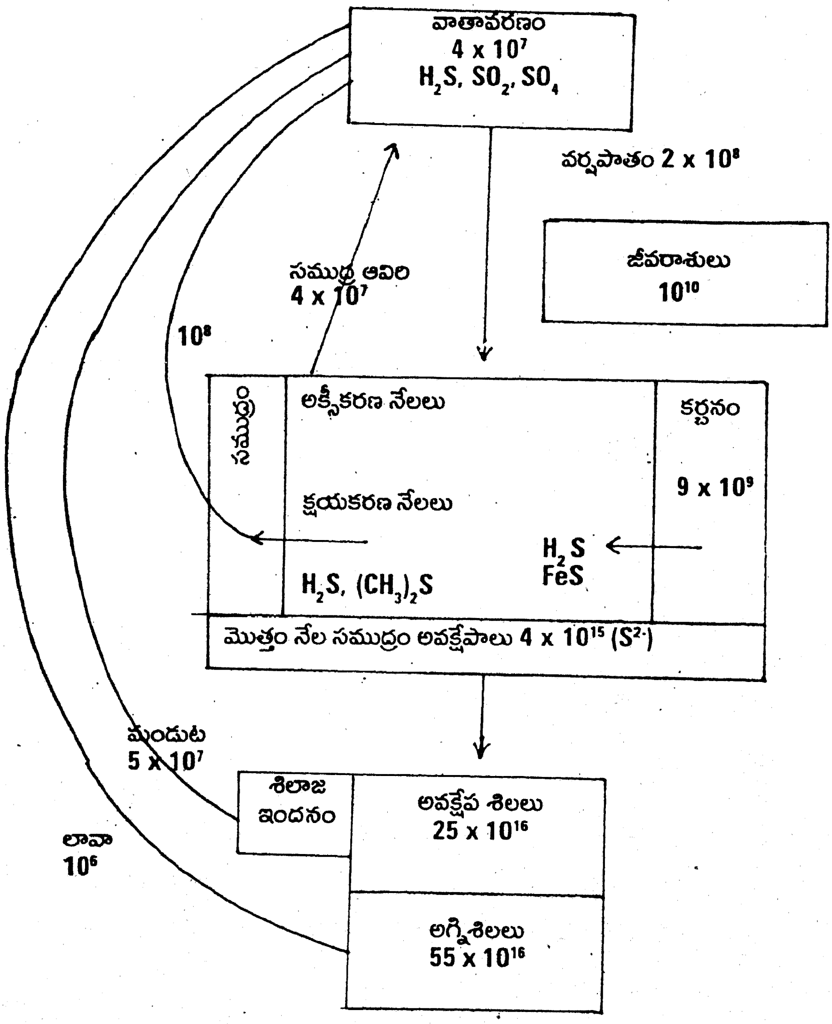
సి. కాల్షియమ్ వలయం (Calcium Cycle)

డి. విషపూరిత మూలకాల వలయం (Cycle of Toxic elements)

ఎ. సల్ఫర్ వలయం

సల్ఫర్ మూలకం హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్, సల్ఫర్ డయాక్సైడ్ వాయువుల రూపంలో, సల్ఫేటులు, సల్ఫైడ్‌లు, కర్బన సల్ఫర్ (Organic Sulphur) రూపాలలో నేలలో కూడా ఉంటుంది. అగ్నిపర్వతాలలో లావా చర్యల వల్ల, వృక్షసంపద (కర్ర)ను మండించడంవల్ల, శిలాజ ఇంధనాలు మండడంవల్ల, వాటిలోని సల్ఫైడ్‌లు, కర్బన, సల్ఫర్ వంటి పదార్థాల ఆక్సీకరణ ద్వారా సల్ఫర్ డయాక్సైడ్ వాయువు ఎక్కువ మొత్తాలలోఉత్పన్నమవుతుంది. వాయురహిత బాక్టీరియమ్‌ల (Anaerobic bacteria) చర్యల వల్ల హైడ్రోజన్‌సల్ఫైడ్, డైమిథైల్ సల్ఫైడ్‌లు ఉత్పన్నమవుతాయి. వర్షం కురిసినపుడు, సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్, హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ వాయువులు నీటిలో కరిగి నేలలో కలుస్తాయి. స్వయంపోషకాల (Autotrophs) లోని ప్రోటీన్‌లలో సల్ఫర్ మూలకం, సల్ఫేటు SO_4^{-2} రూపంలో క్షయకరణ చెంది ఉంటుంది. సిస్టెయిన్ (Cysteine), సిస్టీన్ (Cystine), మిథయోనిన్ (Methionine) మొదలైన అమైనో ఆమ్లాలు, పెప్టైడ్ గ్లుటాథయోన్ (Peptide glutathione), కొన్ని విటమినులు (Vitamines) లేదా థయామైన్ (Thiamine), బయోటిన్ (biotine), థయోక్టిక్ ఆమ్లం (Thioctic acid) వంటి ఎంజైమ్‌ల భాగాలలో (Enzyme co-factors) సల్ఫర్ అతిముఖ్యమైన భాగంగా ఉంటుంది. మొక్కలలో మెర్‌కాప్టన్ (mercaptan) అనే రసాయన పదార్థంలో థయోల్ (Thiol) లేదా సల్ఫ్‌హైడ్రైల్ (sulfhydryl - SH) గ్రూపు ఉండడంవల్ల, తత్సంబంధమై సల్ఫర్ ఆక్సీకరణ చెందిన డై సల్ఫైడ్ (Oxidised disulphide) రూపంలో ఉండి చురుకుగా రసాయన చర్యలలో పాల్గొంటుంది.

సల్ఫర్‌ను, వాతావరణంలో, నీటిలో, నేలలో కలపడానికి సూక్ష్మజీవులు కీలకమైన పాత్ర వహిస్తాయి. స్వయంపోషితాల కణజాలాల్లోని ప్రోటీన్లలో సల్ఫర్, సల్ఫ్‌హైడ్రైల్ గ్రూపులు అంతర్గతం



పటం 2.20 భౌగోళిక సల్ఫర్‌వలయం

(from data of Holland, 1978 and Bowen, 1979. Figures in tonnes)

(incorporate) గా ఉంటాయి. ఇటువంటి సల్ఫర్ పదార్థాలు పచ్చిక ఆహారపు గొలుసు (grazing food chain) ద్వారా వినియోగదార్లలో జీర్ణింపబడి, జీర్ణం కాని మిగిలిన పదార్థం పేడ రూపంలో నేలను చేరుతుంది. పూతికాహారపు గొలుసులో (detritus food chain) జీవరాశుల మృతకళేబరాలలోని ప్రోటీనులు, వాయుసహిత వాతావరణంలో **ఆస్పర్జిల్లస్ *(Aspergillus)*, న్యూరోస్పోర *(Neurospora)*;** వాయురహిత వాతావరణంలో **ఇశ్చరీషియా కోలి *(Escherechia coli)*, ప్రోటియస్ *(Proteus)*** వంటి శిలీంధ్రాలు, బాక్టీరియమ్‌ల ప్రజాతుల చేత విచ్ఛిన్నం చేయబడి సల్ఫర్ వాయువు స్వేచ్ఛా రూపంలో విడుదలవుతుంది. వాయురహిత నేలల్లో, అవక్షేపాలలో **డీసల్ఫోనోవిబ్రియో డీసల్ఫూరికాన్స్ *(Desulphonovibrio desulfuricans)*** వంటి సల్ఫేటు క్షయకరణ బాక్టీరియమ్‌ల వల్ల హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ (H_2S) వాయువు వెలువడుతుంది.

$$CH_2NH_2COOH + H_2O + SO_4^{-2} \longrightarrow H_2S + HS^- + HCO_3^- + HNO_4^+$$

ఇనుము సాంద్రత ఎక్కువగానున్న ప్రదేశాలలో హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ వాయువు, ఫెర్రస్ ఇనుము (ferrous iron) ను కరుగనటువంటి నల్లని ఫెర్రిక్ ఇనుముగా (ferric iron) విచ్ఛిత్తి చేస్తుంది. ***బెగ్గియోట (Beggiota), థయోథ్రిక్స్ (Thiothrix), థయోబాసిల్లస్ (Thiobacillus)*** వంటి రంగులేని కీమోట్రాఫిక్ (Chemotrophic) బాక్టీరియమ్‌లు నీటిలోని హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్‌ను ఆక్సీకరణద్వారా సల్ఫర్‌గా మారుస్తాయి. ఈ నీటిలో హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ లేనపుడు సల్ఫర్‌ను సల్ఫేటుగా మారుస్తాయి.

$$H_2S + O \longrightarrow H_2O + S + 32.5 \text{ Kcal. శక్తి}$$

$$S + 3O + H_2O \longrightarrow H_2SO_4 + 141 \text{ Kcal. శక్తి}$$

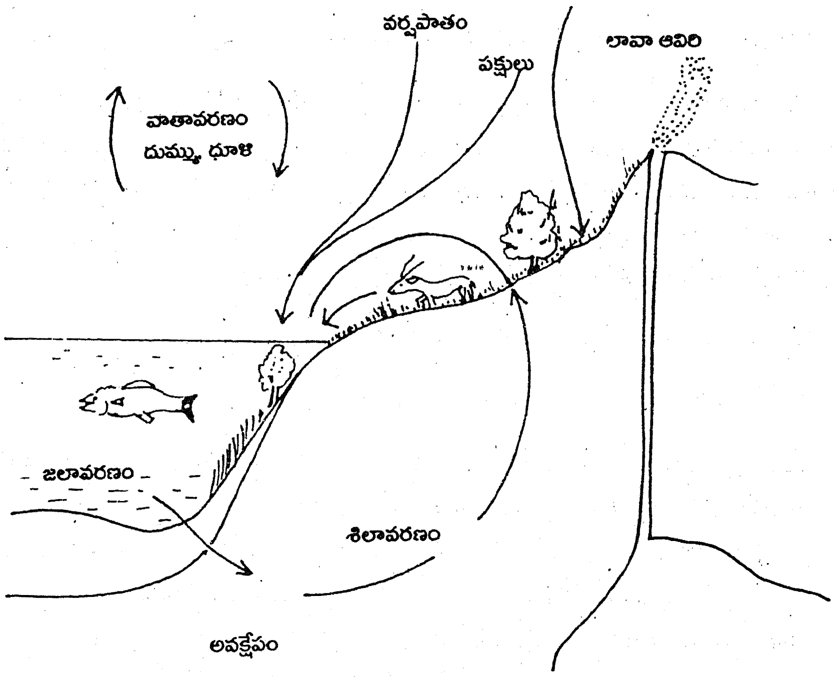
నేలలు, P^H విలువ 1 నుండి 6 లోపు ఉండి ఆమ్ల ధర్మాన్ని కలిగిఉన్నపుడు ***థయోబాసిల్లస్ థయోఆక్సిడాన్స్ (Thiobacillus thiooxidance)*** వంటి బాక్టీరియమ్‌లు సల్ఫరు మూలకాన్ని **10%** గాఢత గల సల్ఫ్యూరికామ్లంగా మారుస్తాయి. ***క్లోరోబియమ్ (Chlorobium)*** వంటి ఆకుపచ్చ సల్ఫర్ బాక్టీరియమ్‌లు, ***క్రోమాటియమ్ (Chromatium)*** వంటి ఊదారంగు సల్ఫర్ బాక్టీరియమ్‌లు (Purple Sulphur bacteria), కిరణజన్య సంయోగక్రియ జరిపే బాక్టీరియమ్‌లు (Photosynthetic bacteria) వంటి సూక్ష్మజీవులు కార్బన్ డై ఆక్సైడ్‌ను క్షయకరణం చెందించటానికి హైడ్రోజన్‌కు బదులు హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ వాయువును ఉపయోగించుకుంటాయి.

$$CO_2 + H_2S \xrightarrow[\text{(light)}]{\text{కాంతి}} (CH_2O) + S + H_2O + \text{శక్తి}$$

హోలాండ్ (Holland, 1978), బోవెన్‌లు (Bowen, 1979) వారి పరిశోధనా వివరాలలో నేలలోనూ అవక్షేపాలలోనూ 4×10^8 Kg ల సల్ఫర్, వాతావరణంలో 4×10^{10} Kg ల సల్ఫర్ నిధులున్నాయని తెలిపారు.

బి. ఫాస్ఫరస్ వలయం

అవక్షేపవలయంలో సల్ఫర్ మాదిరిగానే ఫాస్ఫరస్ (Phosphours) కూడా ఒక మూలభాగం. అడినోసిన్ ట్రై ఫాస్ఫేటు (ATP) ఏర్పడటానికి పాస్ఫరస్‌అత్యంత ప్రధానమైన మూలకం. ఇది శక్తి వాహకం (energy carrier) గా వ్యవహరిస్తుంది. ఇది భౌమావరణ వ్యవస్థలోనూ జలావరణ వ్యవస్థలోనూ, కూడా కొద్ది మాత్రంగానే ఉంటుంది. పాస్ఫటిక్స్ శిలల (Phosphotics rocks) శిధిలీకరణ ద్వారా విడుదలైన ఫాస్ఫరస్ మూలకం మొక్కలకు అందుబాటులో ఉంటుంది. అకర్బన పాస్ఫేటులు ముఖ్యంగా ఆర్థోపాస్ఫేటు అయాన్‌లు (Orthophosphate ions) మొక్కల జీవన క్రియలలోపాల్గొని ఆహారపు గొలుసు ద్వారా వినియోగదారులకు, విచ్ఛిన్నకారులకు ప్రవహించి చివరకు నేలలో కలుస్తాయి. తిరిగి నేలలోని పాస్ఫేట్ల ఖనిజీకరణ (mineralization) మొక్కలకు వినియోగపడుతుంది. పాస్ఫరస్‌లో ఎక్కువ భాగం వర్షపునీరు అపవహం (run off) ద్వారా సముద్రాలలోని అవక్షేపాలకు చేరుతుంది. దీనికి విరుద్ధంగా సముద్రాలనుండి కొన్ని ఫాస్ఫేట్లు పిట్టలు వదిలిన రెట్టల (excreta) ద్వారా నేలను చేరతాయి. ఇటీవలి కాలంలో వ్యవసాయరంగంలో ఫాస్ఫేటు ఎరువుల వాడకం మరీ ఎక్కువైనందు వల్ల యావత్ ప్రపంచానికే 'యూట్రాఫికేషన్' అనే జఠిలమైన



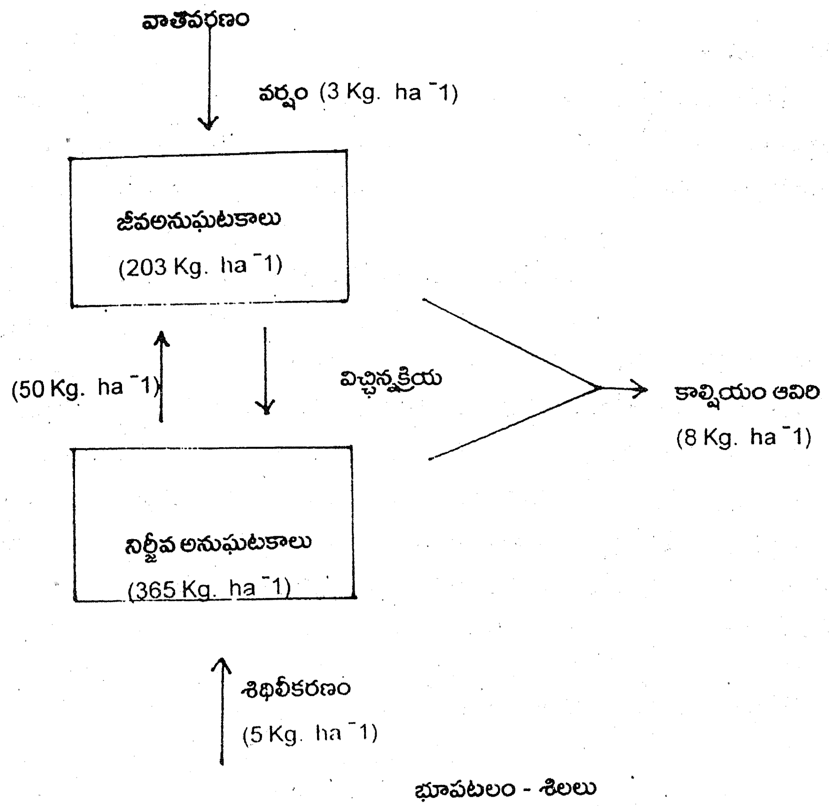
పటం 2.21 ఫాస్ఫరస్ వలయం

నీటి కాలుష్య సమస్య ఉత్పన్నమైంది. ఈ సమస్య నివారణోపాయం గురించి ఆలోచించాల్సిన అవసరం ఎంతైనా ఉంది.

సి. కాల్షియమ్ వలయం

కాల్షియం మూలకం జీవావరణానికి వెన్నెముక వంటిది. మొక్కలు వాటి కణకవచ నిర్మాణానికీ, జంతువులు వాటి ఎముకల, దంతాల నిర్మాణానికి పూర్తిగా కాల్షియం మూలకం పైనే ఆధారపడతాయి. భూపటలంలోని సున్నపురాళ్ళు శైథిల్యం చెంది నేలలో కాల్షియం చేరుతుంది. భూమిలోని కాల్షియమ్ మొక్కల ద్వారా వినియోగదారులకు, విచ్ఛిన్నకారుల ద్వారా తిరిగి భూమిలోకి చేరుతుంది.

న్యూ హంప్‌షైర్ (New Hampshire, U.K.) పర్వతారణ్యాలలో బోర్‌మన్ మరియు లైకెన్స్ (Bormann and Likens, 1967), ఓవింగ్‌టన్ (Ovington, 1962) గార్లు పరిశోధన జరిపి సేకరించిన వివరాలను కాల్షియం వలయం చిత్రపటంలో చూపించాము. నేలలో సరాసరి కాల్షియం నిల్వలు నిర్జీవ అనుఘటకాల రూపంలో 365 Kg ha^{-1} ఉంటాయి. అదే విధంగా జీవ అనుఘటకాలలో 203 Kg ha^{-1} కాల్షియం నిల్వలు ఉంటాయి. ప్రతీ సంవత్సరం 50 Kg ha^{-1} విలువ గల కాల్షియం నిధులు జీవ-నిర్జీవ అనుఘటకాల మధ్య వినిమయం జరుగుతుంది. జీవ-నిర్జీవ అనుఘటకాల ద్వారా ప్రతీ ఏటా 8 Kg ha^{-1} విలువ గల కాల్షియం నిధులు ఆవిరి రూపంలో వృధా అవుతున్నాయి. అయితే ఈ ఆవిరులద్వారా వర్షం కురిసినపుడు 3 Kg ha^{-1} విలువ గల కాల్షియం నిధులు తిరిగి భూమిపై సరిచేయబడుతున్నాయి. అదే విధంగా 5 Kg ha^{-1} విలువ గల కాల్షియం నిధులు, సున్నపురాళ్ల శైథిల్యం వల్ల నేలలో కలుస్తున్నట్లు అంచనా (Bormann and Likens, 1967; Ovington, 1962).



పటం 2.22 కాల్షియం వలయం
(Bormann Likens, 1967; Ovington, 1962)

డి. విషపూరిత మూలకాల వలయం

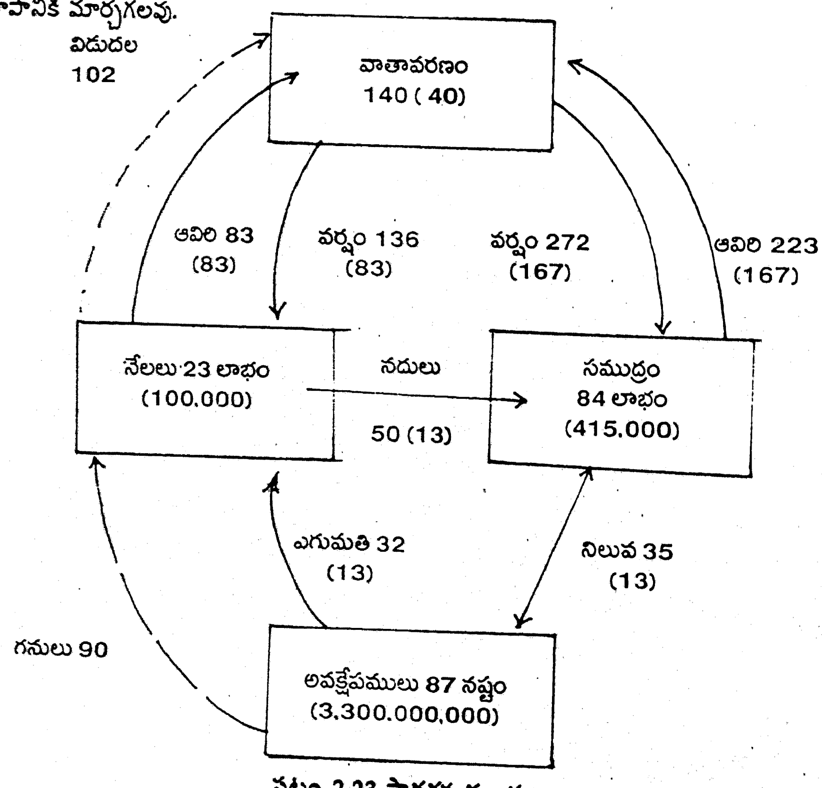
పాదరసం (మెర్క్యురి), సీసం (లెడ్), కాడ్మియమ్, ఆర్సెనిక్, ఫ్లోరిన్ వంటి అనేక మూలకాలు కొంత విషప్రాయమైనప్పటికీ, ఇవి జీవావరణ వలయాలలో స్వేచ్ఛాస్థితిలో పరిసంచరణ (circulation) జరిగి జీవ-భూ-రసాయన వలయాలలో సమతుల్యత కొనసాగుతోంది. కాని ఇటీవలి కాలంలో పరిశ్రమల స్థాపన, గని త్రవ్వకాలు, ఇతర ఆధునిక మానవ కార్యకలాపాల ద్వారా ఈ మూలకాల నిశ్చలత చెడిపోయి (Perturb), కొన్ని ప్రదేశాలలో కుప్పలు తెప్పలుగా ప్రోగుచేయబడి, మరికొన్ని ప్రదేశాలలో నామమాత్రంగా కూడా వ్యాపనం లేకపోవడం జరుగుతుంది. ఇపుడు ఐదు ముఖ్యమైన విషపూరిత మూలకాలవలయాలను మాత్రమే ఇక్కడ చర్చించాము. అవి -

ఎ) పాదరస వలయం (Mercury Cycle)
బి) ఆర్సెనిక్ వలయం (Arsenic Cycle)
సి) సీసం వలయం (Lead Cycle)
డి) కాడ్మియమ్ వలయం (Cadmium Cycle)
ఇ) ఫ్లోరిన్ వలయం (Fluorine Cycle)

ఎ) పాదరస వలయం

పారిశ్రామిక విప్లవం (Industrial revolution) తర్వాత పారిశ్రామిక రంగంలో పాదరస మూలకాన్ని ఉప-ఉత్పాదకంగా, పెద్ద మొత్తాలలో వెలువరించడం వల్ల ప్రస్తుతం దీని పరిమాణం పూర్వపు పరిమాణం కంటే నాలుగు రెట్లు పెరిగింది. కేవలం క్లోరిన్ ఉత్పాదన యంత్రాల నుంచి వెలువడిన మెర్క్యురి ఉప-ఉత్పాదితాలు, ప్రపంచ మెర్క్యురి నిలువలలో దాదాపు 25% వరకు ఉండవచ్చు.

కొలనులు, నదులు, సముద్రతీర ప్రాంతాలు, నేలలు మొదలైన ఆవరణ వ్యవస్థలలో బయోమిథైలేషన్ (Bio-methylation) విధానాల ద్వారా మెర్క్యురి సాంద్రత, మెర్క్యురి వలయం పూర్తిగా అవగతమైంది. సహజంగా నేలల్లో మెర్క్యురి సాంద్రత సాధారణంగా 0.4 ppm, నీటిలో 0.06 ppm ఉంటుంది. వాయువులో ఉండే మెర్క్యురి విలువ వాతావరణ పరిస్థితుల మార్పులను బట్టి ఉంటుంది. మెర్క్యురి లోహరూపంలో ఉన్నపుడు, అకర్బన-కర్బన సమ్మేళనాలుగా ఉన్నపుడు విషప్రాయంగా ఉంటుంది. లోహరూపంలో నున్న మెర్క్యురి గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఆవిరిగా మారుతుంది. అందువల్లనే ఈ లోహం జీవావరణంలో అత్యంత తొందరగా వ్యాపిస్తుంది. మెర్క్యురి మూలకం సాధారణంగా Hg^{+}, Hg^{2+}, Hg^{0} అన్న మూడు రూపాలలో ఉంటుంది. కొన్ని సూక్ష్మజీవులు ఈ మూడు రూపాలలోనున్న మెర్క్యురిని ఒక రూపం నుంచి ఇంకొక రూపానికి మార్చగలవు.



పటం 2.23 పాదరస వలయం

Reservoir (boxes) amounts in units of 10^8gm fluxes (arrows) in 10^8 gm/year^{-1}.
Estimated prehuman amounts and fluxes shown parentheses.
(After Wollast, Billen and Mackenzie, 1975)

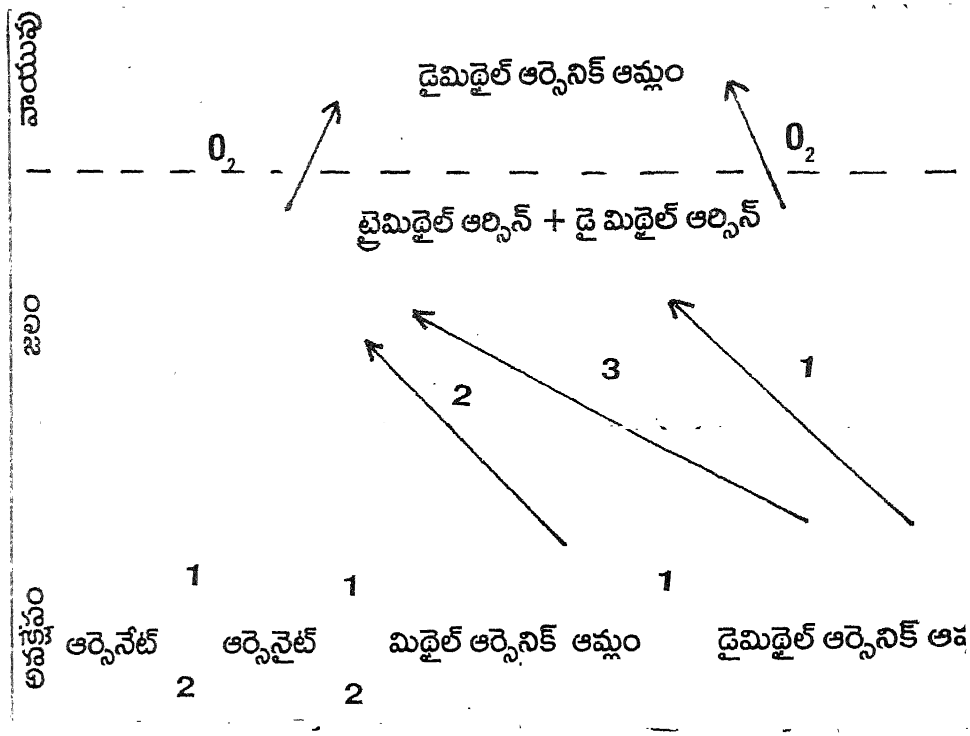
మెర్క్యురి మూలకాన్ని ఎలక్ట్రోలైట్, ఎలక్ట్రోడుల తయారీలో ఉపయోగిస్తారు. సల్ఫైడ్ (Sulphide) ఎక్కువగా నున్న అవక్షేపాలలో **మిథనోబాక్టీరియమ్ అమెలంకిస్** ***(Methanobacterium amelankis)*** వంటి బాక్టీరియమ్‌ల చర్యల ద్వారా విషప్రాయమైన మిథైల్ మెర్క్యురి సమ్మేళనాలు (Methyl mercury compounds) ద్రావణం రూపంలో లేదా ఆవిరి రూపంలో వెలువడి ఆవరణవ్యవస్థలో వ్యాపిస్తాయి. కణకవచం లేదా కణత్వచం ద్వారా మిథైల్ మెర్క్యురి క్లోరైడ్ అధికంగా గ్రహించబడుతుంది. కాబట్టి ఇది ప్రత్యేకంగా జంతువులకు విషప్రాయంగా ఉంటుంది. డైమిథైల్ మెర్క్యురి (Dimethyl mercury) ఆవిరిగా ఉండడం వల్ల ఇది వాతావరణంలో ప్రవేశించి CH_4, C_2H_6, Hg^0 వంటి రసాయన పదార్థాలుగా ఏర్పడి వాయు కాలుష్యాన్ని కలుగజేస్తుంది.

ఆవరణ వ్యవస్థలో ఆహారపుగొలుసు ద్వారా మెర్క్యురి సంబంధిత సమ్మేళనాలు జీవ అనుఘటకాలలోకి ప్రవేశిస్తాయి. అవక్షేపాలలో మెర్క్యురి గాఢతను లేదా చేపల చేత గ్రహించబడే మిథైల్ మెర్క్యురి (methyl mercury) రేటును లెక్కించి మెర్క్యురి కాలుష్య మదింపును అంచనా వేయవచ్చు. ప్రపంచ మెర్క్యురి వలయంలో మొత్తం మెర్క్యురి 3,300,000,000 gm $year^{-1}$ (Wollast, Billen and Mackenzie, 1975).

బి) ఆర్సెనిక్ వలయం

ఆర్సెనిక్ లోహాలకు మరియు అలోహాలకు మధ్యరకంగా ఉండే మూలకం. దీనిని మెర్క్యురితో పోల్చినపుడు ప్రకృతిలో ఆర్సెనిక్ అధికంగానే ఉంటుంది. త్రాగే మంచినీటిలో ఆర్సెనిక్ దాదాపు 50 ppm ఉండగా మెర్క్యురి 1 ppm మాత్రమే ఉంటుంది. జీవ అనుఘటకాలలో ఆర్సెనిక్ సమ్మేళనాలు ఆహారపు గొలుసు ద్వారా తక్కువ మాత్రం గానైనా ప్రవేశించినపుడు జీవులు మరణించే అవకాశాలుంటాయి. 100 మి.గ్రా. నుండి 130 మి.గ్రా. లోపు ఆర్సెనిక్ మూలకాన్ని మనిషికి ఇచ్చినపుడు ఆ మనిషి ఆర్సెనిక్ విషఘాతానికి లోనై మరణిస్తాడు. ఆర్సెనిక్ మూలకం శిలలో, నేలలో, నీటిలో మెర్క్యురి కంటే ఎక్కువ మోతాదులలోనే ఉంటుంది. వివిధ కూరగాయలు, ఫలాలలో కూడా ఆర్సెనిక్ కొద్దిమాత్రంలో ఉంటుంది. సముద్ర జీవరాశులు ప్రత్యేకంగా ఆలిచిప్ప చేపలు (Shell fishes), ఇతర జీవరాశులు, వాటి కళేబరాలు ఆర్సెనిక్ గాఢతను 100 ppm వరకు పెంపొందించగలుగుతాయి. ఉదాహరణకు రొయ్య (Prawn) లో 174 ppm, ష్రింప్ (Shrimp) లో 42 ppm, బాస్ (bass) లో 40 ppm గాఢతలలో ఆర్సెనిక్ మూలకం ఉంటుంది. ఇది తడినేలలలో 450 ppm నుంచి 500 ppm వరకు ఉంటుంది. గృహసంబంధమైన డిటర్జెంటులలో కూడా 10 ppm నుండి 70 ppm గాఢత గల ఆర్సెనిక్ మూలకాన్ని కనుక్కున్నారు. తక్కువ గాఢతలోఇది కొంత వరకు మొక్కల పెరుగుదలను ప్రేరేపించినప్పటికీ, ఎక్కువ గాఢతలో నున్నపుడు మాత్రం చాలహానికరం. 1 ppm గాఢతలో గల ఆర్సెనిక్ ట్రై ఆక్సైడ్‌లు నీటిలో ఉన్నపుడు మొక్కలకు హానికరంగా ఉంటాయి. దీని మూలంగా మొక్కలు నిర్హరితమవుతాయి (Chlorosis).

యునైటెడ్ స్టేట్స్ ప్రజారోగ్యశాఖ వారు 1942 సంవత్సరంలో సురక్షితమైన మంచినీటిలో 0.05 ppm ఆర్సెనిక్ గాఢత ఉండవచ్చునని అంచనా వేశారు. అయితే 1962లో దాని గాఢతను 0.01 ppm కు తగ్గించగలిగారు. జంతువుల కాలేయంలో కూడా తగు మాత్రంలో ఆర్సెనిక్ నిలువలున్నట్లు దాఖలాలు ఉన్నాయి. త్రాగే మంచినీటిలో ఆర్సెనిక్ సమ్మేళనాలు కలిసి ఉన్నపుడు అనేక ప్రాంతాలలో చర్మపు కాన్సర్ (Skin Cancer) వ్యాధులు కనుక్కోవడం జరిగింది. ఆర్సెనిక్ జీవ-భూ-రసాయన వలయంలో ఆర్సెనేట్ (Arsenate) క్షయకరణ వల్ల ఆర్సెనైట్ (Arsenite) గా ఏర్పడినతర్వాత



పటం 2.24 ఆర్సెనిక్ జీవ-భూ-రసాయన వలయం (Wood, 1974)

నోటు : 1. మిథనోబాక్టీరియమ్, 2. క్యాండిడా హ్యూమికోలా, 3. ఆస్పర్జిల్లస్, మ్యూకార్ వంటి జాతులు

మిథనోబాక్టీరియమ్ ***(Methanobacterium)***, **క్యాండిడా హ్యూమికోలా** ***(Candida humicola)***, **ఆస్పర్జిల్లస్** ***(Aspergillus)***, **మ్యూకర్** ***(Mucor)***, **మొనిలియా** ***(Monilia)***, **ఫోమా** ***(Phoma)***, **లెంజైటెస్** ***(Lenzites)*** మొదలైన సూక్ష్మజీవులచేత డైమిథైల్ ఆర్సిన్ (Dimethyl arsin), ట్రైమిథైల్ ఆర్సిన్‌లు ఏర్పడతాయి. సరస్సు అవక్షేపంలోఆర్సెనేట్ (Arsenate). ఆర్సెనైట్ (Arsenite) లు మిథైల్ ఆర్సెనిక్ ఆమ్లం (Methyl arsenic acid) ద్వారా డై మరియు ట్రై మిథైల్ ఆర్సిన్ (Di and Tri methyl arsine) లుగా మారి నీటిలో కలిసిపోతాయి. డై మరియు ట్రై మిథైల్ ఆర్సిన్‌లు నీటిలో ఆక్సీకరణ చెంది డైమిథైల్ ఆర్సెనిక్ ఆమ్లం (Dimethyl arsenic acid) గా మారి కొంతభాగం వాయువులో కల్సిపోతుంది. మిథైల్ ఆర్సిన్ చేపలకు, ఇతర నీటి జంతువులకు చాలా విషప్రాయంగా ఉంటుంది. పై విధంగా డై మిథైల్ ఆర్సెనిక్ ఆమ్లం అవక్షేపంలో, నీటిలో, వాయువులో వలయాన్ని కల్గి ఉంటుంది.

సి) సీసం వలయం

లెడ్ సహజ ఆవరణంలో సాధారణంగా లభించే మూలకం. శిలలు, నేల, నీటిలో సీసం గాఢత వేరువేరుగా నున్నప్పటికీ, భూపటలంలో దాని గాఢత 10 ppm నుంచి 15 ppm వరకు ఉంటుందని అంచనా. పెట్రోలు, గ్యాసోలిన్ వంటి పదార్థాలను ఎదురుదెబ్బ తీయటానికి లెడ్ సంబంధమైన టెట్రాఇథైల్, టెట్రామిథైల్ వంటి సమ్మేళనాలను వాడినపుడు లెడ్ మూలకం వాతావరణంలో వ్యాపిస్తుంది. టెట్రాఇథైల్, టెట్రామిథైల్ వంటి పదార్థాలలో గ్యాలనుకు 2 g. pb విలువ గల లెడ్ మూలకం ఉంటుంది. సముద్రాలలో కూడా ప్రతీ సంవత్సరం 2.5×10^8 Kg pb గాఢత గల లెడ్ మూలకం సాంద్రత పెరుగుతుంది.

గోల్డ్‌బెర్గ్ (Goldberg, 1971) వివరాల ద్వారా సముద్రంలో లెడ్ సాంద్రత 0.07 mg kg^{-1} అని తెలుస్తోంది. నేటి సాంద్రత, గత 50 సంవత్సరాల క్రితం సాంద్రతతో పోల్చినపుడు దాదాపు 7 రెట్లు పెరిగినట్లు శాస్త్రవేత్తల అంచనా.

సర్వసాధారణంగామొక్కలు నేల నుంచి లెడ్ మూలకాన్ని 1mg g^{-1} నుంచి 15 mg g^{-1} వరకు తక్కువ గాఢతలోనే శోషిస్తాయి. అయితే లెడ్ మూలకం అధిక గాఢత గల నేలలో మొక్కలను పెంచినపుడు ఎక్కువ గాఢతలో లెడ్ మూలకాన్ని శోషిస్తాయని తెలుస్తుంది. లెడ్ సంబంధ పదార్థాలతో కూడిన దుమ్ము-ధూళిని శ్వాసక్రియలో పీల్చినపుడు, కలుషితమైన తిను బండారాలను మ్రింగినపుడు విషపూరితమై అపాయాలు సంభవిస్తాయి.

డి) కాడ్మియమ్ వలయం

కాడ్మియమ్ కూడా మెర్క్యురి, జింక్ మూలకాల కుటుంబానికి సంబంధించిన ఒక మూలకం. జింక్ గనులలో, జింక్‌ను కరిగించే యంత్రాలలో, లోహపు పూతల పరిశ్రమలలో, రంగుల పరిశ్రమలలో, పింగాణీ పరిశ్రమలలో, ఛాయాచిత్రపటాల పరిశ్రమలలో నుంచి కాడ్మియమ్ మూలకం అధికంగా వెలువడుతుంది. ఇంతే కాకుండా సీసపుగనులు, అణుశక్తి కర్మాగారాలు (Nuclear reactors), అద్దకం పరిశ్రమలు, ఇతర రసాయన పరిశ్రమల నుంచి కూడా కాడ్మియమ్ పుష్కలంగా విడుదల అవుతుంది.

జీవ అనుఘటకాల పోషకాలలో కాడ్మియమ్ పాత్ర ఉన్నట్లుగా దాఖలాలు లేవు. ఇది సూక్ష్మ ప్రమాణాలలో సైతం పోషకాలకు చాల విషతీవ్రతను కలుగజేస్తుంది. ఇది నేలలో, నీటిలో ఎక్కువ వేగంగా వ్యాపించగలదు. అందువల్లనే కాడ్మియమ్ ఆహారపుగొలుసులో స్వేచ్ఛాస్థితిలో ప్రవహించగలదు (Coughtrey and Martin, 1976). ఇది, మానవునితో సహా ఉన్నత శ్రేణి జంతువులలో సైతం మూత్రపిండాలు (Kidneys), పిత్తాశయం (Pancreas), ఎముకలలో ప్రోగవుతుంది. జపాన్‌లో కాడ్మియమ్ భారలోహాలతో కలుషితమైన నీరు-ఆహారపదార్థాల ద్వారా 'ఇటై-ఇటై (itai-itai)' అనే వ్యాధి ప్రబలింది. దీని మూలంగా మూత్రపిండాలు దెబ్బతిని, రక్తంలో పాస్ఫేటు స్థాయి తగ్గి చిన్నపిల్లలలో 'ఆస్టియోమలేసియా' (Osteomalacia) అన్న ఎముకల జబ్బు వస్తుంది.

ఇ) ఫ్లోరిన్ వలయం

భూపటలంలో ఫ్లోరిన్ దాదాపు 0.1% ఉంటుంది. ఇది సాధారణంగా వాయురూపంలో ఉండే మూలకం. ఇది ప్రకృతిలో అనేక సమ్మేళనాల రూపంలో కనబడుతుంది. ఇది కాల్షియం ఫ్లోరేట్ (Calcium Fluorate) రూపంలో నున్న ఫ్లోరోస్పార్ (Fluorospare) ఖనిజంలో, సోడియమ్ అల్యూమినియం ఫ్లోరైడ్ (Sodium aluminium fluoride) రూపంలో నున్న క్రయోలైట్ (Cryolite) ఖనిజాల్లో ఎక్కువగా ఉంటుంది. క్రయోలైట్‌ను ఫ్లక్స్ (flux) గా ఉపయోగించి అల్యూమినియమ్‌ను కరిగించేటపుడు, బొగ్గును వివిధ యంత్రాలలో మండించినపుడు, మట్టి, ఇటుకలను బట్టీలలో కాల్చినపుడు ఫ్లోరిన్ వాయువు వాతావరణంలో ఇతోధికంగా కలుస్తున్నది.

వాతావరణంలో ఫ్లోరిన్ స్వేచ్ఛాస్థితిలో వ్యాపించి ఉండటం వల్ల వర్షం పడినపుడు ఈ వాయువు నీటితో చర్యనొంది ఫ్లోరైడ్‌గా మారుతుంది. నేలలోని ఈ ఫ్లోరైడ్‌ను మొక్కలు నీటి ద్వారా శోషిస్తాయి. ఇది వాయురూపంలో కూడా పత్రరంధ్రాల ద్వారా పత్రంలోకి ప్రవేశించి పత్రాంతరాన్ని పాడుచేసి నిర్హరితం (Chlorosis) చేస్తుంది. జంతువులు నీటి ద్వారా, ఆహారపదార్థాల ద్వారా ఫ్లోరిన్ ను స్వీకరించినపుడు 'దంతక్షయం' (tooth decay) వంటి వ్యాధులకు గురవుతాయి.

6. ఆవరణ వ్యవస్థ యాజమాన్యం - నిశ్చలత, యుక్తతమత
(Management of Ecosystem, Homeostatis and Optimization)

ఆవరణ వ్యవస్థలో సాధారణంగా జీవ-నిర్జీవ అనుఘటకాలు స్వతహా క్రమబద్ధం చేయబడి స్వయం యాజమాన్య సామర్థ్యాన్ని కలిగి ఉంటాయి. ఉత్పత్తిదారుల ఉత్పాదనను వినియోగదారులు వినియోగించుకుంటాయి. వృక్ష-జంతు కళేబరాలు విచ్ఛిన్నకారుల చేత విచ్ఛిన్నం చేయబడి తిరిగి సరళ పదార్థాలుగా మారి, ఆవరణ వ్యవస్థ సమతుల్యంగా ఉంటుంది. వృక్షాలు, జంతువులు, సూక్ష్మజీవులు, ఘన, ద్రవ, వాయు రూపాలలోని నిర్జీవ పదార్థాలు చర్యా, ప్రతిచర్యలను జరిపి, ఆవరణ వ్యవస్థను సదా నిశ్చలతలో ఉంచుతాయి.

నిశ్చలత (Homeostatis)

హోమియోస్టాటిస్ (Homeostatis) అన్న ఇంగ్లీషు పదానికి (Homo=same=మార్పులేని; Statis=standing=నిశ్చలత) 'నిశ్చలత' లేదా 'సదా నిశ్చలత' అన్న తెలుగు పదాలను వాడవచ్చు. జీవ-నిర్జీవ చర్యా, ప్రతిచర్యల ద్వారా ఏర్పడిన ఉత్పాదన విచ్ఛిన్నక్రియ ద్వారా తిరిగి ఆవరణ వ్యవస్థలో విలీనమై (feed back operation) ఆవరణ వ్యవస్థ సుస్థిరత క్రమబద్ధం అవుతుంది.

పారిశ్రామిక విప్లవం, హరిత విప్లవాల ద్వారా మానవుడు జీవ-నిర్జీవ అనుఘటకాలను అస్థిరపరచి ఆవరణ వ్యవస్థ నిశ్చలతకు తీరని విఘాతాన్ని కల్పిస్తున్నాడు. విచక్షణారహితమైన మానవచర్యల ద్వారా జీవ-భూ-రసాయన వలయాల వేగం పెరిగి, ఉత్పాదన ~బడి (input), వ్యయాల (output) లో అసమానతలు ఏర్పడి యూట్రాఫికేషన్, కాలుష్యం వంటి అసాధారణ పరిస్థితులు తలెత్తుతున్నాయి. ఈ పరిస్థితుల వల్ల జాతుల విభేదనం తగ్గి, ఆహారపు వలయాలు క్రమంగా క్షీణించి, తగ్గిపోయి, సహజ వరణానికి (Natural Selection) తీరని విఘాతం ఏర్పడనుంది. దీని మూలంగా సంక్లిష్ట ఆవరణ వ్యవస్థలు సరళ ఆవరణ వ్యవస్థలుగా మారుతున్నాయి. పాట్టెన్ (Patten, 1974) ఆవరణ వ్యవస్థ స్థిరత్వానికి జీవ అనుఘటకాలలో శక్తి సంబంధమైన పదార్థాలను (energy matter) నిర్బంధించే ప్రతిపాదనను అభివృద్ధి చేశాడు. ఈ ప్రతిపాదనలోని కొన్ని ముఖ్యాంశాలు -

1. ఆవరణ వ్యవస్థలు ఎప్పుడూ కూడా శూన్యస్థితి (Zero state) నుండి సుస్థిరత్వానికి ఎదుగుతూ ఉంటాయి. ఈ సుస్థిరతా సిద్ధాంతం (Concept of Stability) రెండు ఉద్దేశ్యాలను కల్గి ఉంటుంది. ఒకటి మార్పులను ఎదిరించి నిలదొక్కుకోవడం, రెండవది మార్పుల తర్వాత తిరిగి యధాస్థితికి చేరడం.
2. వస్తువుల వినియోగం వల్ల శక్తి తగ్గి పోవడం (curtailment), ఆవరణ వ్యవస్థ క్షీణించి, పూర్తిగా నశించి (extinction), తర్వాత శూన్యస్థితి (Zero state) కి చేరుకుంటుంది.
3. శూన్యస్థితిలో నున్న ఆవరణ వ్యవస్థ మాత్రమే ఎటువంటి ఒత్తిడులు లేక నిశ్చలతలో ఉంటుంది.
4. శూన్య ఆవరణ వ్యవస్థ తిరిగి నామమాత్రంగా మారటానికి,కనబడని చురుకైన మార్పులతోఅస్థిరంగా మారుతుంది.
5. ఆవరణ వ్యవస్థలు ఒకే ఒక ఒత్తిడితో నిశ్చలమైన సమతాస్థితిలో ఉంటాయి.
6. ఆవరణ వ్యవస్థలు నిర్మాణాత్మకంగా సుస్థిరతను కల్గి ఉంటాయి.
7. ఆవరణ వ్యవస్థలు నిశ్చితమైన నిర్మాణంలో ప్యారామీటరు మార్పులను (Parametre variations)

కొద్ది డిగ్రీల వరకు సరిచేసుకొని క్రమాభివృద్ధిని పొందుతాయి.

8. ఆవరణ వ్యవస్థలు నిర్మాణాత్మక మార్పులను (Structural variations) ఎక్కువ డిగ్రీల స్థాయిలో సరిపరుచుకొని పరిణామం చెందుతాయి.

పాట్టెన్ (Patten, 1974) మాదిరిగా, నాయ్‌మెర్ (Noy-meir, 1974) కూడా సుస్థిర ఆవరణ వ్యవస్థకు కొన్ని ప్రతిపాదనలు సూచించాడు. అవి -

1. ప్రతికూల పరిస్థితులను (extreme conditions) సమర్థవంతంగా ఎదుర్కోవడం.
2. అనుకూల పరిస్థితులలో తిరిగి తొందరగా స్వస్థతను పొందే సామర్థ్యాన్ని కలిగి ఉండడం.
3. పోషకాహార వనరుల కనుకూలంగా ఆహారపుటలవాట్లను ఏర్పరచుకోవడం.
4. విపరీత పరిస్థితులనధిగమించటానికి జంతువులు, పక్షులు వలసపోయి (migration) నివసించడం.
5. మానవుడు సహజవనరుల సంరక్షణకు ప్రతినబూనటం.

యుక్తతమత (Optimization)

ప్రత్యేక పరిసరాలలో సహజావరణం (Natural selection), పరిణామం (Evolution) మొదలైన సిద్ధాంతాలకనుగుణంగా జీవరాశులు, వాటి నిర్మాణంలో, జీవన విధానాలలో మార్పులకు లోనుకావడాన్ని 'యుక్తతమత' అంటారు. కానీ ఇది ఎల్లప్పుడు నిజం కాదు. ఒక ప్రత్యేక పరిసరాలలో, ఏదో కొద్దికాలంలో జీవ అనుఘటకాలలో చెప్పుకోదగిన మార్పులు సంభవించవు. కానీ అవే ప్రత్యేక పరిసరాలు దీర్ఘకాలంలో మార్పులు చెందుతాయి. అందువల్లనే పార్కర్స్ట్, లౌక్స్ (Parkhurst and Loucks, 1972) పరిణామ సిద్ధాంతం ప్రకారం జీవరాశులలో మార్పులు చేర్పులకు భంగం వాటిల్లే అవకాశాలను సూచించారు. దీనికి వ్యతిరేకంగా కోడీ (Cody, 1974) యుక్తతమత ఆవరణ వ్యవస్థ స్థాయిలో మాత్రమే ఉంటుందని నమ్మి దానిని గూర్చి నాలుగు అంశాలను వివరించాడు. అవి -

1. ఎక్కువ వనరులు అందుబాటులో ఉన్నపుడు సాధారణంగా భుజించే జీవరాశుల కంటే, ప్రత్యేకంగా భుజించే జీవరాశులు అనుకూలతను చూపిస్తాయి. అదే విధంగా తక్కువ వనరులు అందుబాటులో ఉంటే ప్రత్యేకంగా భుజించే జీవరాశుల కంటే సాధారణంగా భుజించే జీవరాశులు అనుకూలతను ప్రదర్శిస్తాయి.
2. ఒకే రకమైన పోషక వనరుల కలయిక జరిగినపుడు ప్రత్యేకంగా భుజించే జీవరాశులకంటే సాధారణంగా భుజించే జీవరాశులు అనుకూలతను కల్గి ఉంటాయి. దీనికి వ్యతిరేకంగా వివిధ రకాల పోషక వనరులున్నపుడు ప్రత్యేకంగా భుజించే జీవరాశులు అనుకూలతను కల్గి ఉంటాయి.
3. పోటీ సామర్థ్యం గల జాతులను (Competing species) చేర్చినపుడు విస్తృతమైన ప్రత్యేకంగా భుజించే జీవరాశులు అనుకూలంగా ఉంటాయి.
4. ఎక్కువ తెగల సంతానాన్ని ఉత్పత్తి చేయడం (at higher premium of breeding) వంటి సాధనాల వల్ల, ఏకకాలంలో సన్నిహిత సంబంధాలు గల జాతులు ఎక్కువగా, సహయోగ్యతను కల్గిఉంటాయి.

హోల్లింగ్ (Holling, 1973) సహజ వ్యవస్థలలోని వివిధ రాష్ట్రాలలో, ఒక రాష్ట్రం నుండి ఇంకొక రాష్ట్రానికి జీవరాశులు ఆకర్షితమై చలిస్తాయని ఊహించాడు. ఈ సహజ వ్యవస్థలు స్థిరత్వాన్ని, చైతన్యాన్ని కలిగి, యుక్తతమతా సిద్ధాంతాన్ని దృఢపరుస్తున్నాయి. అయినప్పటికీ ప్రపంచ వ్యాప్తంగా యుక్తతమతా సిద్ధాంతాన్ని అంగీకరించడం లేదు.

7. ఆవరణ వ్యవస్థలు - పరిణామం
(Evolution of Ecosystem)

భూగోళం మీద ప్రాణి మనుగడ మూడు బిలియను సంవత్సరాల క్రితమే మొదలైంది. నాటి ఆవరణ వ్యవస్థలు సూక్ష్మ అవాయుసహిత పరపోషకాల వంటి జనాభాలతో నిండి ఉండేవి. ఈ సూక్ష్మజీవులు అజీవసంబంధ కర్బన పదార్థాలపై ఆధారపడి బ్రతికాయి. ఈ విధంగా ఆరంభమైన ఏకకణజీవి క్రమంగా అభివృద్ధి చెంది వాయుసహిత స్వయంపోషితాలు, వాయుసహిత పరపోషితాలు అనే బహుకణ జీవులు ఏర్పడ్డాయి. భూతత్వ కాలానుక్రమంగా (geological ages) సంక్లిష్ట నిర్మాణంగల జీవరాశులు ఏర్పడ్డాయి. ఈ భిన్న సముదాయ జీవ అనుఘటకాలలో సహజవరణం (Natural Selection) ద్వారా జాతుల స్థాయిలో లేదా రకాల స్థాయిలో (below the level of species) పరిణామ మార్పులు వచ్చి ఉండవచ్చునని నమ్మడం జరుగుతోంది. అయితే సహజ వరణం ప్రజాతుల స్థాయి లేదా అంతకంటే ఎక్కువ స్థాయిలలో కూడా చోటు చేసుకున్నట్లు భావనలు ఉన్నాయి. స్వయంపోషకాలు, పరపోషకాలు ఒకదానిపై ఒకటి పరస్పరంగా ఆధారపడి సహపరిణామం (Co-evolution) ద్వారా గ్రూపులు, భాగాలు, విభాగాల వంటి సముదాయాలుగా ఏర్పడి ఉండవచ్చు. ఇవి వివిధ వాతావరణ పరిసరాల కనుగుణంగా వివిధ రకాలుగా పరిణామం చెందాయి.

కొన్ని ఆవరణవ్యవస్థలు - ప్రాథమిక పరిశీలనలు
(Preliminary studies of major ecosystems)

జీవావరణం (Biosphere) లో రకరకాల ఆవరణవ్యవస్థలు, జీవ, నిర్జీవ అనుఘటకాల పరస్పర చర్యలతో స్వయం పరిపూర్ణతను కల్గి ఉంటాయి. ఈ ఆవరణ వ్యవస్థలన్నీ దాదాపు ఒకే విధమైన నిర్మాణాన్ని, విధులను కలిగి ఉంటాయి. అయినప్పటికీ జాతుల విస్తరణలోనూ ఉత్పాదన రేటులోనూ బేధాలను చూపిస్తాయి. ప్రస్తుతం ముఖ్యమైన ఆవరణ వ్యవస్థల పొందికలను గురించి సంక్షిప్తంగా చర్చించాము. అవి -

1. అరణ్య ఆవరణవ్యవస్థ
2. గడ్డిమైదానం (పచ్చికబయలు) ఆవరణవ్యవస్థ
3. పంటపొలాల ఆవరణవ్యవస్థ
4. ఎడారి ఆవరణవ్యవస్థ
5. పర్వతావరణవ్యవస్థ
6. గుహ ఆవరణవ్యవస్థ
7. టండ్రా ఆవరణవ్యవస్థ
8. కొలను ఆవరణవ్యవస్థ
9. సముద్రావరణ వ్యవస్థ
10. నదీముఖ ప్రదేశావరణ వ్యవస్థ
11. పగడపు దిబ్బ ఆవరణవ్యవస్థ
12. సూక్ష్మావరణ వ్యవస్థ
13. అంతరిక్ష (అంతరాళ) ఆవరణవ్యవస్థ

1. అరణ్య ఆవరణవ్యవస్థ (The forest ecosystem)

ప్రపంచ భూవిస్తీర్ణంలో దాదాపు 40% భూములు అడవులతో నిండి ఉన్నాయి. ఈ అడవులలో పుష్పించని నిమ్నజాతి మొక్కల నుండి పుష్పించే ఉన్నతశ్రేణి మొక్కల వరకు అనేక వృక్షసముదాయాలు (Plant communities) ఉన్నాయి. భారతదేశంలోని మొత్తం ఈ అడవుల ఆవాసం, భౌగోళిక పరిసరాలు (Physiography), వృక్షాల స్వరూప సామ్యాలు (Physiogramy), పుష్పసంబంధమైన లక్షణాలు (floristic characters) మొదలైన అంశాలను బట్టి భారతదేశ అడవులను 11 రకాలుగా విభజించారు (Champion & Seth, 1968). అవి -

1. ఉష్ణమండల సతతహరిత వర్షారణ్యాలు (Tropical evergreen rain forests)
2. సమశీతోష్ణ సతతహరిత అరణ్యాలు (Temparate evergreen forests)
3. రుతుపవనపు అడవులు లేదా ఉష్ణమండలపు తేమతో కూడిన ఆకురాలే అడవులు (Monsoon forests or tropical moist deciduous forests)
4. ఆకురాలే పొడి అడవులు (Dry deciduous forests)
5. శృంగార వృక్షారణ్యాలు (Coniferous forests)
6. ఆల్పైన్ అడవులు (Alpine forests)
7. నదీతీర ప్రాంతపు అడవులు (Riparian forests)
8. సముద్రపు ఒడ్డు అడవులు (Beech forests)
9. ఆటు-పోటు అడవులు (Tidal forests)
10. పొట్టి మాంగ్రూవ్ అడవులు (Low mangrove forests)
11. మాంగ్రూవ్ వృక్షాల అడవులు (Mangrove or Littoral forests)

అరణ్య ఆవరణ వ్యవస్థలో నిర్జీవ అనుఘటకాలు, సజీవ అనుఘటకాలు రెండూ ఉంటాయి.

ఎ) నిర్జీవ అనుఘటకాలు (Abiotic Components)

అరణ్య ఆవరణవ్యవస్థలో ఘన, ద్రవ, వాయు రూపాలలోని సమస్త మూలకాలు, తత్సంబంధ సమ్మేళనాలు, కర్బన పదార్థాలు, ఉష్ణం, కాంతి, ధ్వని, వర్షపాతం మొదలైన భౌతిక శీతోష్ణస్థితి సంబంధకారకాలు ఉంటాయి.

బి) జీవ అనుఘటకాలు (Biotic Components)

అరణ్య ఆవరణవ్యవస్థలో రెండు రకాల జీవ అనుఘటకాలుంటాయి.

1) ఉత్పత్తిదారులు (Producers)
2) వినియోగదారులు (Consumers)

1) ఉత్పత్తిదారులు (Producers)

ఉష్ణమండలపు తేమతో కూడిన ఆకురాలే అరణ్యా వరణ వ్యవస్థలో వివిధ జాతుల వితరణలో అనేక భేదాలు గల స్థరీభవనం (Stratification) ఉంటుంది. ఇందులో మహావృక్షాలతో పాటు పొదలు, గుల్మాలు, పచ్చిక వంటి అనేక మొక్కలు ఉంటాయి. ఈ అడవులలో **టేకు** ***(Tectona grandis),***

షోరియా రోబస్ట~~ (*Shorea robusta*), బుటియా ఫ్రాండోసా (*Butea frondosa*), లాంగర్‌స్ట్రోమియా పార్విఫ్లోరా (*Langerstroemia parviflora*) మొదలైన మహావృక్షాలు అధికంగా ప్రబలి ఉంటాయి. ఈ అడవులలో పైకి ఎగబ్రాకే మొక్కలు, ఇతర దారుయుత లయేన్‌లు (తీగలు) క్రిక్కిరిసి ఉండి ఇతర వృక్షాలను అల్లుకొనిపోయి అడవి పందిరి (Forest canopy) గా ఏర్పడతాయి. **డెండ్రోకెలమాస్ (*Dendrocalamas*), మెలోకన్న (*Melocanna*), బంబూస (*Bamboosa*) వంటి పొడవైన వెదురులు కూడా అధికంగానే ఉంటాయి. శృంగార వృక్షారణ్యాల (Temperate Coniferous forests) లో పొదలు, పచ్చిక గడ్డి భూములు అరుదుగా కనబడుతాయి. **ఏబిస్ (*Abies*), పిసియా (*Picea*), పైనస్ (*Pinus*), సెడ్రస్ (*Cedrus*), జునిఫెరస్ (*Juniferus*), రోడోడెండ్రాన్ (*Rhododendron*)** వంటి వృక్షాలు అధికంగా ఉంటాయి. ఆకురాలే పొడి అడవుల (Temperate deciduous forests) లో **క్వెర్కస్ (*Quercus*), ఏసర్ (*Acer*), బెటులా (*Betula*), తూజ (*Thuja*), పిసియా (*Picea*)** మొదలైన వృక్షాల ప్రాబల్యం అధికంగా ఉంటుంది.

2) వినియోగదారులు (Consumers)

అరణ్య ఆవరణవ్యవస్థలో సాధారణంగా రెండు రకాల వినియోగదారులుంటాయి. అవి -

ఎ) స్థూల వినియోగదారులు

బి) సూక్ష్మ వినియోగదారులు

ఎ) స్థూల వినియోగదారులు (Macro Consumers)

స్థూల వినియోగదారులను తిరిగి 3 రకాలుగా విభజించవచ్చు. అవి (1) ప్రథమ వినియోగదారులు (2) ద్వితీయ వినియోగదారులు (3) తృతీయ వినియోగదారులు.

1. ప్రథమవినియోగదారులు

అరణ్యావరణ వ్యవస్థలో శాకాహారులైన చీమలు (ants), కీటకాలు (insects & flies), మిడతలు (leaf hoppers), సాలెపురుగులు (spiders) మొదలైన అకశేరకాలు; ఏనుగు (elephant), నీల్‌గాయ్ (neelgai), జింకలు (deers), అడవి ఎలుకలు (moles), ఉడుతలు (squirrels), కుందేలు (rabbit), పండ్లు తినే గబ్బిలం (flying foxes), ముంగిస (mongooses) మొదలైన సకశేరుకాలు తమ ఆహార నిమిత్తం పూర్తిగా వృక్షాలపైనే ఆధారపడి జీవిస్తాయి. ఇవి అరణ్య ఆవరణ వ్యవస్థలోని ప్రథమ వినియోగదారులు.

2. ద్వితీయ వినియోగదారులు

అరణ్యావరణ వ్యవస్థలో బల్లులు, తొండలు (lizards), పాములు (snakes), డేగ వంటి పక్షులు (hawlk), నక్కలు (foxes) మొదలైన జంతువులు ప్రథమ వినియోగదారులపై ఆధారపడి మాంసాహారులుగా జీవిస్తాయి.

3. తృతీయ వినియోగదారులు

అరణ్యావరణ వ్యవస్థలో పెద్దపులి, సింహం, చిరుతపులి మొదలైన ఉన్నతశ్రేణి మాంసాహారులు (Top Cornivores), ద్వితీయ, ప్రథమ వినియోగదారులను భక్షించి జీవిస్తాయి.

బి) సూక్ష్మ వినియోగదారులు (Micro Consumers)

సూక్ష్మ వినియోగదారులనే విచ్ఛిన్నకారులని (Decomposers) కూడా అంటారు. అరణ్యావరణ వ్యవస్థలో **స్ట్రెప్టోమైసిస్** ***(Streptomyces)***, **ఆస్పర్జిల్లస్** ***(Aspergillus)***, **పాలిపోరస్** ***(Polyporus)***, **ఆల్టర్నేరియా** ***(Alternaria)***, **ఫ్యూసేరియమ్** ***(Fusarium)***, **ట్రైకోడెర్మా** ***(Trichoderma)*** మొదలైన వివిధ రకాల శిలీంధ్రాలు, **బాసిల్లస్** ***(Bacillus)***, **సూడోమోనాస్** ***(Pseudomonas)***, **క్లాస్ట్రీడియమ్** ***(Clostridium)*** మొదలైన బాక్టీరియమ్ జాతులు, ఇతర సూక్ష్మజీవులు, జీవ అనుఘటకాల విసర్జకాలను, మృతదేహాలను విచ్ఛిన్నం చేసి సంక్లిష్ట కర్బన పదార్థాల నుండి సరళ కర్బన పదార్థాలను విడుదల చేసి భౌమావరణంలో కలుపుతాయి.

2. గడ్డిమైదానం (పచ్చికబయలు) ఆవరణవ్యవస్థ (The grassland ecosystem)

పోయేసీ (గ్రామినే) కుటుంబానికి సంబంధించిన మొక్కలు ప్రబలంగా ఉండే ప్రదేశాలను 'పచ్చికబయళ్ళు' అంటారు. శాంట్జ్ (Shantz, 1954) ప్రకారం ప్రపంచ భూవైశాల్యంలో దాదాపు 24% గడ్డిమైదానాలు ఆక్రమించినట్లు అంచనా. వైట్ (Whyte, 1957) గడ్డిమైదానాలను, పుష్పలక్షణాలను బట్టి 8 రకాలుగా విభజించాడు. కానీ భారతదేశంలోని పచ్చికబయళ్ళను కేవలం మూడు రకాలుగా విభజించవచ్చు. అవి -

1. జలాభావప్రియమైన పచ్చికబయళ్ళు (Xerophilous grass lands)
2. సమోద్భిజపు పచ్చికబయళ్ళు (Mesophilous grass lands)
3. ఆర్ద్రతాప్రియమైన పచ్చికబయళ్ళు (Hygrophilous grass lands)

1. జలాభావప్రియమైన పచ్చికబయళ్ళు

ఇవి ఉత్తర-పశ్చిమ భారత భూభాగాలలో అర్ధ-ఎడారి పరిస్థితులలో ఉంటాయి. ఇక్కడ **ఎరగ్రోస్టిస్** ***(Eragrostis)*** జాతులు బాగా పెరుగుతాయి. ఇవే కాకుండా **అరిస్టిడా** ***(Aristida)***, **ఆండ్రోపోగాన్** ***(Andropogon)***, **క్లోరిస్** ***(Chloris)*** మొదలైన ప్రజాతులు కూడా కనబడుతాయి.

2. సమోద్భిజపు పచ్చికబయళ్ళు

వీటిని సవన్నాలు (Savannahs) అని అంటారు. ఇవి ఉత్తరప్రదేశ్‌లోని తేమగల ఆకురాలే అడవులలో చాలాచోట్ల కనబడుతాయి. వీటిలో **సాక్కరమ్ ముంజ** ***(Saccharum munja)***, **వట్టివీరియా జిజానియాయిడెస్** ***(Vattiveria zizanioides)*** మొదలైన మొక్కలు పెరుగుతాయి.

3. ఆర్ద్రతాప్రియమైన పచ్చికబయళ్ళు

వీటిని తేమగల సవన్నాలు (Wet Savannaha) అంటారు. **ఎరియాంథస్** ***(Erianthus)***, **సాక్కరమ్** ***(Saccharum)***, **ఫ్రాగ్మైటెస్** ***(Phragmites)***, **అరుండో** ***(Arundo)*** మొదలైన జాతులు ఈ పచ్చిక బయళ్ళలో ప్రబలంగా ఉంటాయి. పచ్చికబయళ్ళ పరాకాష్ఠప్రమాణం (Climax Unit) లో అభివృద్ధి చెందడానికి అవి పెరిగే భౌగోళిక పరిస్థితులు, తరచు వర్షపాతం, తగినంత ఉష్ణోగ్రత, తేమ అనుకూలంగా ఉండాలి.

పచ్చికబయళ్ళ ఆవరణవ్యవస్థలో సాధారణంగా రెండు రకాల అనుఘటకాలుంటాయి. అవి - ఎ) నిర్జీవ అనుఘటకాలు (Abiotic Components) బి) జీవ అనుఘటకాలు (Biotic Components)

ఎ) నిర్జీవ అనుఘటకాలు (Abiotic Components)

పచ్చికబయళ్ళ ఆవరణ వ్యవస్థలో కార్బన్, హైడ్రోజన్, ఆక్సిజన్, నైట్రోజన్, ఫాస్ఫరస్, సల్ఫర్ మొదలైన ఘన,ద్రవ,వాయు రూపాలలోని మూలకాలు, తత్సంబంధ రసాయన సమ్మేళనాలు వాతావరణంలో, నీటిలో, మృత్తికలో ఉంటాయి.

బి) జీవ అనుఘటకాలు (Biotic Components)

పచ్చికబయళ్ళ ఆవరణవ్యవస్థలో ఉత్పత్తిదారులు, వినియోగదారులనే రెండు రకాల జీవ అనుఘటకాలుంటాయి.

1) ఉత్పత్తిదారులు (Producers)

2) వినియోగదారులు (Consumers)

1) ఉత్పత్తిదారులు (Producers)

డైకాంథియమ్ (Dichanthium), సైనోడాన్ (Cynodon), డెస్మోడియమ్ (Desmodium), డక్టైలోక్టీనియమ్ (Dactyloctenium), డిజిటటేరియా (Digitaria), సెటేరియా (Setaria), స్పోరోబోలస్ (Sporobolus) వంటి వివిధ రకాల గడ్డి జాతులుపచ్చిక బయళ్ళలోని ప్రధానమైన ఉత్పత్తిదారులు. వీటితో పాటు అక్కడక్కడ గుల్మాలు, పొదలు కూడా ఉంటాయి.

2) వినియోగదారులు (Consumers)

వినియోగదారులు స్థూల వినియోగదారులనీ, సూక్ష్మవినియోగదారులనీ రెండు రకాలుంటాయి. స్థూల వినియోగదారులను తిరిగి ప్రథమ వినియోగదారులు, ద్వితీయ వినియోగదారులు, తృతీయ వినియోగదారులని మూడు రకాలుగా విభజిస్తారు.

1. ప్రథమ వినియోగదారులు

ఆవులు, గేదెలు, గొర్రెలు, జింక, కుందేలు, ఎలుక మొదలైన జంతువులు పచ్చిగడ్డిపై పూర్తిగా ఆధారపడి బ్రతుకుతాయి. ఇవి శాకాహారులు. ఇవే కాకుండా ***లెప్టోకోరిసా (Leptocorisa), డిస్డెర్కస్ (Dysdercus), ఆక్సీరాఖిస్ (Oxyrhachis), సిసిన్డెల్లా (Cicindella)*** మొదలైన శాకాహారులైన కీటకాలు, తేనెటీగలు, మిల్లీపీడ్‌లు (millipeds) ఉత్పత్తిదారులపైన ఆధారపడి బ్రతుకుతాయి.

2. ద్వితీయ వినియోగదారులు

పచ్చికబయళ్ళ ఆవరణ వ్యవస్థలో బల్లులు, తొండలు, పాములు, పక్షులు, నక్కలు, గుంటనక్కలు మొదలైన జంతువులు ప్రథమ వినియోగదారులపై ఆధారపడి మాంసాహారులుగా బ్రతుకుతాయి.

3. తృతీయ వినియోగదారులు

డేగ వంటి మాంసాహారులు ద్వితీయ వినియోగదారులపై ఆధారపడి బ్రతుకుతాయి.

బి) సూక్ష్మ వినియోగదారులు (Micro Consumers)

మ్యూకర్ (Mucor), ఆస్పర్జిల్లస్ (Aspergillus), పెన్సీలియమ్ (Penicilium), క్లాడోస్పోరియమ్ (Cladosporium), రైజోపస్ (Rhizopus), ఫ్యూసేరియమ్ (Fusarium)

మొదలైన శిలీంధ్రజాతులు, బాక్టీరియమ్ జాతులు, ఉత్పత్తిదారుల మరియు వినియోగదారుల విసర్జకాలను, కళేబరాలను క్రుళ్ళచేసి (decay) సరళ కర్బన పదార్థాలుగా విచ్ఛిన్నంచేసి, భౌమావరణంలో కలిపివేస్తాయి.

3. పంటపొలాల ఆవరణవ్యవస్థ (Crop Land Ecosystem)

పంటపొలాల ఆవరణవ్యవస్థ మానవ నిర్మితమైన ఒక కృత్రిమ ఆవరణవ్యవస్థ. ఆ వ్యవస్థలో ఎన్నుకొన్న ఒకేరకమైన జాతి మొక్కలను విస్తృతంగా పెంచి ఫలసాయాన్ని పొందుతారు. మానవుడు అధిక ఫలసాయాన్ని పొందటానికి ఒక ప్రణాళిక ప్రకారం నేర్పుతో భౌతిక, రసాయన పరిసరాలను మార్పు చేస్తాడు. నేలలో ఎరువులను తోలడం, వ్యాధినిరోధానికి విషక్రిమి సంహారక మందులు వాడడం, సరియైన నీటిపారుదల పాటించడం వంటి అనేక సాధనాల ద్వారా పంటపొలాల ఆవరణ వ్యవస్థలను అభివృద్ధి చేసి అధిక ఫలసాయాన్ని పొందవచ్చు. పంటపొలాల ఆవరణ వ్యవస్థలలో వరి *(Oryza sativum)*, మొక్కజొన్న *(Zea mays)*, చెరకు *(Saccharum officinalis)*, గోధుమ *(Triticum vulgare)*, వేరుశనగ *(Arachis hypogea)*, మిర్చి *(Capscicum fruitescence)*, మరి ఇతర పంటలు, కూరగాయలు సాధారణంగా పండిస్తాము.

మొక్కజొన్న - పంటపొలం ఆవరణవ్యవస్థ (Maize - Cropland Ecosystem)

మొక్కజొన్న పంటపొలం ఆవరణవ్యవస్థలో నిర్జీవ అనుఘటకాలు, జీవ అనుఘటకాలు అనే రెండు ప్రధానమైన అనుఘటకాలుంటాయి.

ఎ) నిర్జీవ అనుఘటకాలు (Abiotic Components)

కర్బనం (C), హైడ్రోజన్ (H), ఆక్సిజన్ (O), నైట్రోజన్ (N), పాస్ఫరస్ (P), పొటాషియం (K) మొదలైన మూలకాలు నేలలోనూ, వాతావరణంలోనూ నిండి ఉంటాయి. ప్రత్యేకంగా నేలలో వివిధ రకాల ఖనిజాలు, లవణాలు నీటిలో కరిగి మొక్కలకు అందుతాయి. పంటపొలం ఆవరణ వ్యవస్థలో వివిధ శీతోష్ణ పరిస్థితులు కూడా చోటు చేసుకుంటాయి. మొక్కజొన్న సాధారణంగా కొద్దిపాటి క్షారనేలల్లో ఎక్కువ దిగుబడినిస్తుంది.

బి) జీవ అనుఘటకాలు (Biotic Components)

ఇవి రెండు రకాలు.

1) ఉత్పత్తిదారులు (Producers)

2) వినియోగదారులు (Consumers)

1) ఉత్పత్తిదారులు (Producers)

మొక్కజొన్న పొలంలో అత్యధిక సంఖ్యలో మొక్కజొన్న మొక్కలుంటాయి. అయితే వీటికి తోడుసైనోడాన్ డక్టైలాన్ ***(Cynodon dactylon)***, లానియా నూడికాలిస్ ***(Launaea nudicaulis)***, యూఫార్బియా హిర్టా ***(Euphorbia hirta)***, సైపరస్ రోటుండస్ ***(Cyperus rotundus)***, బెలురక్కసి ***(Argemon mexicana)***, డిజిటేరియా ***(Digetaria)***, అలిసికార్పస్ ***(Alycicarpus)*** మొదలైన కలుపుమొక్కలు కూడా ప్రాథమిక ఉత్పాదనకు తోడ్పడతాయి.

2) వినియోగదారులు (Consumers)

వినియోగదారులు స్థూల వినియోగదారులనీ, సూక్ష్మవినియోగదారులనీ రెండు రకాలుంటాయి.

ఎ) స్థూలవినియోగదారులు

స్థూల వినియోగదారులను తిరిగి ప్రథమ వినియోగదారులు, ద్వితీయ వినియోగదారులు, తృతీయ వినియోగదారులని మూడు రకాలుగా విభజిస్తారు.

1. ప్రథమ వినియోగదారులు

ప్రథమ వినియోగదారులు మొక్కజొన్న పంటపొలంపై శాకాహారులుగా ఆధారపడి బ్రతుకుతాయి. కీటకాలు (insects), ఎఫిడ్‌లు (aphids), థ్రిప్స్ (thrips), కుమ్మరిపురుగులు (beetles), పక్షులు, ఎలుకలు, కుందేళ్ళు, ఆవు, గేదె, మనిషి మొదలైన జీవ అనుఘటకాలు. పత్రాలు, కాండం, పుష్పాలు, ఫలాలు మొదలైన భాగాలను ఆహారంగా వినియోగించుకుంటాయి.

2. ద్వితీయ వినియోగదారులు

ఇవి మాంసాహారులు. కప్పలు, పిచ్చుకలు, మొక్కజొన్న పొలంలోని కీటకాలను భక్షిస్తాయి.

3. తృతీయ వినియోగదారులు

పాములు, డేగ మొదలైన ఉన్నతశ్రేణి మాంసాహారులు కీటకాలను, కప్పలను, ఎలుకలను భక్షిస్తాయి.

బి) సూక్ష్మ వినియోగదారులు (విచ్ఛిత్తికారులు) (Micro Consumers)

ఆక్టినోమైసిట్‌లు, బాక్టీరియమ్‌లు వంటి సూక్ష్మజీవులు, ఉత్పత్తిదారుల, వినియోగదారుల మృతకళేబరాలను విచ్ఛిన్నం చేసి సంక్లిష్టకర్బన సమ్మేళనాలను సరళపదార్థాలుగా విభజించి భౌమావరణంలో కలిపివేస్తాయి. ఈ సరళ రసాయన పదార్థాలు తిరిగి ఉత్పత్తిదారులకు లవణాల రూపంలో అందుతాయి.

4. ఎడారి ఆవరణవ్యవస్థ (The Desert Ecosystem)

సంవత్సరానికి 25 సెం.మీ. కంటే తక్కువ వర్షపాతం గల ప్రాంతాలు సాధారణంగా ఎడారులుగా మారతాయి. ప్రపంచంలో దాదాపు 17% భూభాగం ఎడారులచే నిండిఉంది. భారతదేశంలో థార్ ఎడారి ముఖ్యమైంది. ఎడారులలో తీరని నీటికొరత, అత్యధిక ఉష్ణోగ్రత ఉంటుంది. అందువల్లనే జీవరాశులు ఎడారిలో అతిస్వల్పసంఖ్యలో ఆవాసం చేస్తాయి. ఎడారి ఆవరణ వ్యవస్థలో కూడా నిర్జీవ, సజీవ అనుఘటకాలుంటాయి.

ఎ) నిర్జీవ అనుఘటకాలు (Abiotic Components)

ఎడారి ఆవరణవ్యవస్థలో అధిక ఉష్ణోగ్రత, అల్ప వర్షపాతం ఉండడంవల్ల వాతావరణం పూర్తి పొడిగా ఉంటుంది. అందువల్ల వృక్షాలలో బాష్పోత్సేకం రేటు అధికంగా ఉంటుంది. భూమి నిస్సారంగా ఉండి, నీటి కొరత ఉంటుంది.

బి) జీవ అనుఘటకాలు (Biotic Components)

ఎడారి ఆవరణ వ్యవస్థలో జీవరాశులు అల్ప సంఖ్యలో ఉన్నప్పటికీ అవి రెండు రకాలుగా ఉంటాయి. అవి - 1) ఉత్పత్తిదారులు 2) వినియోగదారులు

1) ఉత్పత్తిదారులు

ఎడారి ఆవరణ వ్యవస్థలో కొన్ని గడ్డిమొక్కలు, పొదలు, అరుదుగా వృక్షాలుంటాయి. ఈ మొక్కల వేళ్ళు, కాండాలు, పత్రాలు మొదలైన భాగాలు వివిధ రకాలుగా స్వరూప అనుకూలనాలను, క్రియాత్మక అనుకూలనాలను మార్చుకొని రూపాంతరాలు చెందుతాయి. కాక్టేసి (Cactaceae) కుటుంబానికి చెందిన అనేక మొక్కలు ఎడారి మొక్కలే. **బ్రహ్మజెముడు *(Opuntia)*, కిత్తనార *(Agave americana)*, కలబంద *(Aloe vera)*, సీబా పార్విఫోలియా *(Ceiba parvifolia)*, కాక్టస్ *(Cactus)*** వంటి అనేక మొక్కలు రసయుత స్వభావం (Succulence) కల్గి ఉంటాయి. జైగోఫిల్లేసి (Zygophyllaceae), బొరాజినేసి (Boraginaceae) వంటి కుటుంబాలకు చెందిన అనేక జాతులు, కొన్ని గడ్డిమొక్కలు తీవ్ర వాతావరణ జలాభావాన్ని ఎదుర్కొనలేక అల్పకాలిక ఏకవార్షికాలు (Ephemeral annuals) గా జీవిస్తాయి. ఇంకా **ఎఫెడ్రా *(Ephedra)*, ఆస్ట్రేలియన్ అకేషియా జాతులు *(Australian acacia spps)*, తాటి *(Borassus flabellifer)*, ఈత *(Phoenix sylvestris)*** మొదలైన రసయుతం కాని (Non-succulent) బహువార్షికాలు కూడా ఉంటాయి. అంతేకాకుండా లైకెన్లు (Lichens), ఎడారి మాస్‌లు (Xerophytic mosses) వంటి నిమ్న తరగతి మొక్కలు కూడా కనబడతాయి.

2) వినియోగదారులు (Consumers)

ఎడారి ఆవరణవ్యవస్థలో స్థూల వినియోగదారులనీ, సూక్ష్మవినియోగదారులనీ రెండు రకాలుంటాయి.

ఎ) స్థూలవినియోగదారులు

స్థూల వినియోగదారులను తిరిగి ప్రథమ వినియోగదారులు, ద్వితీయ వినియోగదారులు అని రెండు రకాలుగా విభజిస్తారు.

1. ప్రథమ వినియోగదారులు

కీటకాలు, రాత్రిపూట సంచరించే ఎలుకలు (Nocturnal rodents), ఎడారి ఒంటెలు (Camels) మొదలైన జంతువులు ఉత్పత్తిదారులపైన ఆధారపడి జీవిస్తాయి.

2. ద్వితీయ వినియోగదారులు

పాములు, ఉడుములు, పక్షులు మొదలైన జంతువులు కీటకాలను, ఎలుకలను భక్షించి బ్రతుకుతాయి.

బి) సూక్ష్మ వినియోగదారులు (విచ్ఛిన్నకారులు)

విస్తారమైన వృక్షసంపద, జంతువులు లేకపోవడం వల్ల విచ్ఛిన్నకారుల సంఖ్య కూడా స్వల్పంగానే ఉంటుంది. బాక్టీరియమ్‌లు, శిలీంధ్రాలవంటి ఉష్ణప్రియ సూక్ష్మజీవులు (Thermophilic Micro-organisms), జీవ అనుఘటకాల మృతకళేబరాలను విచ్ఛిన్నం చేసి సంక్లిష్ట కర్బన పదార్థాలను సరళ పదార్థాలుగా మార్చి భౌమావరణంలో కలుపుతాయి. ఈ సూక్ష్మజీవులు విపరీత ఆవరణ, శీతోష్ణ పరిస్థితులను సమర్థవంతంగా ఎదుర్కొని జీవిస్తాయి.

5. పర్వతావరణవ్యవస్థ (Mountain Ecosystem)

ప్రపంచంలో దాదాపు 2.2% భూభాగం పర్వతాల చేత ఆక్రమించబడి ఉంది. పర్వతాలు సాధారణంగా వివిధ శిలల వల్ల కుప్పలు తెప్పలుగా ఎత్తైన ప్రదేశంగా మారి వివిధ జీవ అనుఘటకాలకు ఆశ్రయాన్ని కల్పిస్తాయి. భారతదేశంలో ఉత్తరాన హిమాలయ పర్వతాలు, పశ్చిమాన పడమటి కనుమలు, తూర్పున తూర్పు కనుమలు, మధ్యప్రదేశ్‌లో వింధ్య, సాత్పూర పర్వతాలు ఉన్నాయి. వీటి ఎత్తులు వందల అడుగుల నుంచి వేల అడుగుల వరకు కూడా ఉంటాయి. హిమాలయ పర్వతంలో ఎవరెస్ట్ శిఖరం ఎత్తు 8,848 మీటర్లు (29,028ఫీట్లు), హిమాలయాల విస్తీర్ణం 5,00,000 చ.కి.మీ. పర్వతావరణ వ్యవస్థలో కూడా నిర్జీవ-జీవ అనుఘటకాలుంటాయి.

ఎ) నిర్జీవ అనుఘటకాలు (Abiotic Components)

పర్వతాలు వివిధ ఎత్తుల్లో,వివిధ వాతావరణ పరిస్థితులలో ఉంటాయి. పీఠభాగంలో సాధారణ ఉష్ణోగ్రత ఉంటుంది. ఈ ఉష్ణోగ్రత క్రమంగా శిఖరం వైపు పైకిపోయినపుడు తగ్గిపోతుంది. హిమాలయాల వంటి ఎత్తైన పర్వతాలు పూర్తిగా మంచుతో కప్పబడి ఉంటాయి.

బి) జీవ అనుఘటకాలు (Biotic Components)

ఇవి ఉత్పత్తిదారులు, వినియోగదారులని రెండు రకాలుగా ఉంటాయి.

1) ఉత్పత్తిదారులు

పర్వతావరణ వ్యవస్థలో వివిధ ఎత్తులలో వివిధ ఉష్ణోగ్రతలుండడం వల్ల, వివిధ స్థాయిల్లో వివిధ వృక్షసముదాయాలు అభివృద్ధి చెందుతాయి. పశ్చిమ హిమాలయాలలోని సమశీతోష్ణ అడవులలో ***దేవదారు (Cedrus deodara), బ్లూ పైన్ (Pinus exelsa), స్ప్రూస్ (Picea morinda), సిల్వర్ ఫిర్ (Abies pindrow)*** మొదలయిన వృక్షాలుంటాయి. ఇదే విధంగా తూర్పు హిమాలయాలలో 2,500 అడుగుల ఎత్తున గల ఉష్ణమండలపు అడవులలో **షోరియా రోబస్టా** ***(Shorea robusta), బాదం (Terminalia catappa)*** మొదలైన వృక్షాలుంటాయి. పశ్చిమ తూర్పు సమశీతోష్ణ హిమాలయాలలో 2000 నుండి 4000 మీటర్ల ఎత్తులో శృంగారవనాలు, 3500 నుండి 5000 మీటర్ల ఎత్తు వరకు ఆల్పైన్ వృక్షసంపద ఉంటుంది. పశ్చిమ కనుమలు, అన్నామలై కొండలు మొదలైన పర్వతావరణ వ్యవస్థలలో సంవత్సర వర్షపాతం 200 సెం.మీ. కంటే ఎక్కువగా ఉండడం వల్ల అక్కడ డిప్టిరోకార్పేసి (Dipterocarpaceae), గట్టిఫెరే (Guttiferae), మోరేసి (Moraceae), మాగ్నోలియేసి (Magnoliaceae) మొదలైన కుటుంబాలకు సంబంధించిన పలు వృక్షాలు ప్రబలంగా ఉంటాయి. నీలగిరి, అన్నామలై, తిన్నవెల్లి మొదలైన కొండలపైన 5000 అడుగుల ఎత్తులో 15 నుండి 20 మీటర్ల పొడవుగల అన్నిరకాల వృక్షాలు దట్టంగా ఉంటాయి. 800 మీటర్ల ఎత్తులో అకాంథేసి (Acanthaceae), రూబియేసి (Rubiaceae) మొదలైన కుటుంబాలకు చెందిన వృక్షాలు; 1000 నుండి 1500 మీటర్ల ఎత్తులో **బలనోకార్పస్** ***(Balanocarpus), ఆర్టోకార్పస్ హిర్సుటా (Artocarpus hirsuta)*** మొదలైన పొడవైన వృక్షాలతో సతత హరిత వృక్షారణ్యాలు (Evergreen forests) ఉంటాయి.

2) వినియోగదారులు

పర్వతావరణవ్యవస్థలో స్థూలవినియోగదారులు, సూక్ష్మవినియోగదారులుంటాయి.

ఎ) స్థూలవినియోగదారులు

స్థూల వినియోగదారులను తిరిగి ప్రథమ వినియోగదారులు, ద్వితీయ వినియోగదారులు, తృతీయ వినియోగదారులు అని మూడు రకాలుగా విభజిస్తారు.

1. ప్రథమ వినియోగదారులు

తేనెటీగలు, వివిధరకాల కీటకాలు, ఎలుకలు, కుందేళ్ళు, జింకలు, దుప్పి, జడలబర్రె, అడవి పంది, ఒంటె, ఏనుగు మొదలైన శాకాహారులైన జంతువులు పర్వతావరణ వ్యవస్థలో ప్రథమ వినియోగదారులుగా జీవిస్తాయి.

2. ద్వితీయ వినియోగదారులు

వివిధ రకాల పాములు, బల్లులు, ఉడుములు, నక్కలు, ఎలుగుబంట్లు, అడవిపిల్లులు, తోడేలు, అడవికోడి, వివిధ రకాల పక్షులు మాంసాహారులుగా ప్రథమ వినియోగదారులపై ఆధారపడి బ్రతుకుతాయి.

3. తృతీయ వినియోగదారులు

సింహం, పెద్దపులి, చిరుతపులి మొదలైన ఉన్నతశ్రేణి మాంసాహారులు పర్వతావరణ వ్యవస్థలో సంచరిస్తాయి.

బి) సూక్ష్మ వినియోగదారులు (విచ్ఛిన్నకారులు)

బాక్టీరియమ్‌లు, శిలీంధ్రాలు జీవ అనుఘటకాల విసర్జకాలను, కళేబరాలను విచ్ఛిన్నం చేస్తాయి.

6. గుహ ఆవరణవ్యవస్థ (Cave Ecosystem)

భూమి,గుట్టలు, కొండలు, పర్వతాల్లో బహిర్గత గదుల వంటి సహజ సొరంగాలను 'గుహలు' అంటారు. ఇటువంటి గుహలు ఉత్తర అమెరికాలో (మామ్మత్ గుహ (Mammoth Cave) ప్రసిద్ధమైన గుహ), యూరపు ఖండంలో అధిక సంఖ్యలో ఉన్నాయి. భారతదేశంలో కూడా గుహలు అధికంగానే ఉన్నాయి. గుహ ఆవరణవ్యవస్థలో ఉండే సాధారణ అనుఘటకాలు (Components) రెండు రకాలు 1) నిర్జీవ అనుఘటకాలు 2) జీవ అనుఘటకాలు.

ఎ) నిర్జీవ అనుఘటకాలు

గుహలు ముఖ్యంగా కాంతి ప్రసారం లేక చీకటి నిలయాలుగా ఉంటాయి. అన్ని గుహలలో కూడా ఉష్ణం సాధారణంగా ఒకే విధంగా ఉంటుంది. కాని లోతైన గుహలలో లోతును బట్టి ఉష్ణం హెచ్చు తగ్గులను కలిగి ఉంటుంది. తేమ కూడా శీతోష్ణ పరిస్థితులను బట్టి మారుతుంటుంది.

బి) జీవ అనుఘటకాలు

గుహ ఆవరణ వ్యవస్థలో మూడు రకాల జీవ అనుఘటకాలుంటాయి.

1) ఉత్పత్తిదారులు 2) వినియోగదారులు 3) విచ్ఛిన్నకారులు.

1) ఉత్పత్తిదారులు

గుహ ఆవరణవ్యవస్థలో ఉత్పత్తిదారులు అసలు ఉండనే ఉండవు. అందువల్ల ఉత్పాదన కూడా ఉండదు.

2) వినియోగదారులు

టర్బెల్లేరియన్‌లు (Turbellarians), జలగలు (Leeches), కీటకాలు (insects), మొదలైన అకశేరుకాలు (invertebrates); గబ్బిలం (bat), గుడ్లగూబ (owl) మొదలైన పక్షులు, ఎలుగుబంట్లు (bears), నక్కలు (foxes) మొదలైన సకశేరుకాలు (Vertebrates) గుహలలో ఆవాసం ఏర్పరచుకుంటాయి.

3) విచ్ఛిన్నకారులు

శిలీంధ్రాలు, బాక్టీరియమ్‌లు మొదలైన సూక్ష్మజీవులు వినియోగదారుల విసర్జకాలను, మృతదేహాలను విచ్ఛిన్నం చేసి సరళ సమ్మేళనాలుగా విడగొడతాయి.

7. టండ్రా ఆవరణవ్యవస్థ (Tundra Ecosystem)

టండ్రా అన్న పదానికి 'పనికిరానిబంజరుభూమి' అని అర్థం. ధృవప్రాంతాలలో, ఆర్కిటిక్ మహాసముద్ర ప్రాంతాలలో, ఉత్తర కెనడా, గ్రీన్‌ల్యాండ్ మొదలైన ద్వీపాలలో, ఉత్తరార్ధగోళం ఉత్తర యూరపు ప్రాంతాలలో టండ్రా ఆవరణ వ్యవస్థలు ఉన్నాయి. అంటార్కిటిక్ మహాసముద్ర ప్రాంతంలోనూ, ప్రపంచంలో ఎత్తైన పర్వత శిఖరాగ్రాలలోనూ టండ్రాలు (Tundra biomes) ఉన్నాయి. వీటిని ఆల్పైన్ టండ్రాలు అంటారు. టండ్రా ఆవరణ వ్యవస్థలో కూడా నిర్జీవ-జీవ అనుఘటకాలుంటాయి.

ఎ) నిర్జీవ అనుఘటకాలు

టండ్రా ఆవరణవ్యవస్థలో ఉష్ణోగ్రత, కాంతి, తేమ, గాలి ఒత్తిడి, మొదలైన నిర్జీవ అనుఘటకాలుంటాయి. ఆర్కిటిక్ టండ్రాలలో సంవత్సరంలో అత్యధిక కాలం శీతాకాలం ఉంటుంది. అందువల్లనే భూమిపై మంచు గడ్డకట్టుకొని ఉంటుంది. వేసవికాలం తక్కువ రోజులుంటుంది. కనుక వేసవిలో కొన్ని రోజులు మాత్రమే కొంతమేరకు పై పొరలలోని మంచు కరిగినప్పటికీ నేలపైనున్న అనేక మంచుపొరలు శాశ్వతంగా కరగకుండా ఉంటాయి. ఈ శాశ్వత మంచును "పెర్మాఫ్రాస్ట్" (Permafrost) అంటారు.

బి) జీవ అనుఘటకాలు

టండ్రా ఆవరణ వ్యవస్థలో మూడు రకాల జీవ అనుఘటకాలుంటాయి.

1) ఉత్పత్తిదారులు 2) వినియోగదారులు 3) విచ్ఛిన్నకారులు.

1) ఉత్పత్తిదారులు

టండ్రా ఆవరణవ్యవస్థలో కేవలం 60-70 రోజులు మాత్రమే మొక్కల పెరుగుదలకు అనుకూలమైన పరిస్థితులు ఉంటాయి. ఈ ఆవరణ వ్యవస్థలో సాధారణంగా లైకెన్లు, శైవలాలు, మాస్ మొక్కలు, గడ్డి గుల్మాల వంటి వృక్షాలు అభివృద్ధి చెందుతాయి.

2) వినియోగదారులు

కుందేళ్ళు, రెయిన్‌డీర్‌లు, నక్కలు, ధృవపు ఎలుగుబంట్లు (Polar bears) మొదలైన జంతువులే టండ్రా ఆవరణ వ్యవస్థలో బహుళంగా కనిపిస్తాయి. తుమ్మెదలు, కీటకాలు, బాతు (goose), డేగ (hawk), సముద్రపు కాకి (gulls), భరత పక్షి (larks), ఆర్కిటిక్ లూన్ (arctic loon) వంటి పక్షులు కూడా ఉంటాయి. దక్షిణ ధృవపు టండ్రాలలో కేవలం పెంగ్విన్ (Penguin) వంటి సముద్రపు పక్షులు మాత్రమే ఉంటాయి. పై పక్షులన్నీ కూడా వలసపోయే పక్షులే (Migratory birds). కప్ప వంటి ఉభయజీవులు, సరీసృపాల వంటి పాకే జంతువులు అసలు ఉండవు.

3) విచ్ఛిన్నకారులు (Decomposers)

బాక్టీరియమ్‌లు, శిలీంధ్రాల వంటి సూక్ష్మ వినియోగదారులు అతి తక్కువ సంఖ్యలో ఉంటాయి.

8. కొలను ఆవరణవ్యవస్థ (Pond Ecosystem)

జలావరణవ్యవస్థలో స్వయం నియంత్రణ, స్వయంసమృద్ధి గల సంక్లిష్ట ఆవరణ వ్యవస్థకు కొలను ఆవరణ వ్యవస్థ ఒక చక్కని ఉదాహరణ. నిర్ణీతస్థలం, పరిమాణం, లోతు మొదలైన విషయాల ప్రభావం కొలను ఆవరణ వ్యవస్థాగత జీవశాస్త్రంపై ప్రత్యక్షంగా ఉంటుంది. ఒక కొలను ఆవరణ వ్యవస్థ నిర్జీవ-సజీవ అనుఘటకాలకు స్థావరంగా ఉండి భౌతిక-రసాయన (Physico Chemical) వాతావరణాన్ని కూడా ఏర్పరస్తుంది. కొలను ఆవరణవ్యవస్థలో ఎ) నిర్జీవ అనుఘటకాలు బి) జీవ అనుఘటకాలు అన్న రెండురకాల మౌలిక అనుఘటకాలుంటాయి.

ఎ) నిర్జీవ అనుఘటకాలు

ఉష్ణం, నీరు పి.హెచ్. విలువ, కార్బన్‌డయాక్సైడ్ (CO_2), ఆక్సిజన్ (O_2), నైట్రోజన్ (N), కాల్షియమ్ (Ca), గంధకం (S), ఫాస్ఫేటు (P), కార్బోహైడ్రేటులు, ప్రోటీన్‌లు, లిపిడ్‌లు, అమైనో ఆమ్లాలు, హ్యూమిక్ ఆమ్లం మొదలైన నిరింద్రియ, సేంద్రియ యౌగికాలు కొలను ఆవరణవ్యవస్థలో కనబడే ముఖ్యమైన నిర్జీవ అనుఘటకాలు. ఏదైనా ఒక సమయంలో కొలను ఆవరణ వ్యవస్థలోని భౌతిక పరిసరాలలో (Physical environment) నున్న ఖనిజాల మొత్తాన్ని 'నికరస్థితి' (Standing State) అంటారు.

బి) జీవ అనుఘటకాలు

కొలను ఆవరణవ్యవస్థలో 1) ఉత్పత్తిదారులు 2) వినియోగదారులనే రెండు రకాల జీవ అనుఘటకాలుంటాయి.

1) ఉత్పత్తిదారులు

హరితవృక్షాలను, స్వయంపోషక బాక్టీరియమ్‌లను ఉత్పత్తిదారులంటారు. ఇవి సౌరశక్తిని వినియోగించుకొని కిరణజన్యసంయోగక్రియద్వారా కార్బోహైడ్రేటులను (పిండిపదార్థాలను) తయారు చేసుకుంటాయి. కొలను ఆవరణవ్యవస్థలో ఉత్పత్తిదారులు రెండు రకాలు. అవి

ఎ) వృక్ష ప్లవకాలు (Phyto-planktons or Microphytes)

బి) నీటి మొక్కలు (Macrophytes)

ఎ) వృక్షప్లవకాలు

నీటిపై తేలియాడుతూ లేదా నీటిలో అవలంబితంగా ఉండే నిమ్నజీతి సూక్ష్మవృక్షజాలాన్ని వృక్షప్లవకాలు అంటారు. **క్లామిడోమోనాస్** *(Chlamydomonas)*, **పాండోరైన** *(Pandorina)*, **యుడోరైన** *(Eudorina)*, **వాల్వాక్స్** *(Volvox)*, **గ్లియోట్రికియా** *(Gleotrichia)*, **ఆసిల్లేటోరియ** *(Oscillatoria)*, **కాస్మేరియం** *(Cosmarium)*, **సెన్‌డిస్మస్** *(Scenedesmus)*, **క్లాస్టీరియమ్** *(Closterium)*, **అనబిన** *(Anabaena)*, **పెడియాస్ట్రమ్** *(Pediastrum)*, **మైక్రోసిస్టిస్** *(Microcystis)*, **డయాటమ్** *(Diatom)*, **జిగ్నిమ** *(Zygnema)*, **యులోథ్రిక్స్** *(Ulothrix)*, **స్పైరోగైర** *(Spirogyra)*, **క్లాడోఫోరా** *(Cladophora)*, **ఊడోగోనియమ్** *(Oedogonium)* వంటి అనేక శైవలాలు కొలను ఆవరణ వ్యవస్థలోతేలియాడుతూ లేదా అవలంబితంగా ఉంటాయి. శీతాకాలంలో ఇవి ఉధృతంగా పెరగటం వల్ల నీటికి ఆయా శైవలాల రంగులు కూడా వస్తాయి.

బి) నీటి మొక్కలు

కొలను ఆవరణ వ్యవస్థలో గల పెద్ద మొక్కలన్నింటిని నీటిమొక్కలు (Hydrophytes) అంటారు. ఇవి మూడు రకాలు

1) నీటిపై తేలియాడే మొక్కలు (Floating plants)
2) నీటిలో పూర్తిగా మునిగిన మొక్కలు (Submerged plants)
3) నీటి అడుగున వేళ్ళూని, నీటిపై తేలియాడే మొక్కలు (Rooted but floating plants)

1) నీటిపై తేలియాడే మొక్కలు

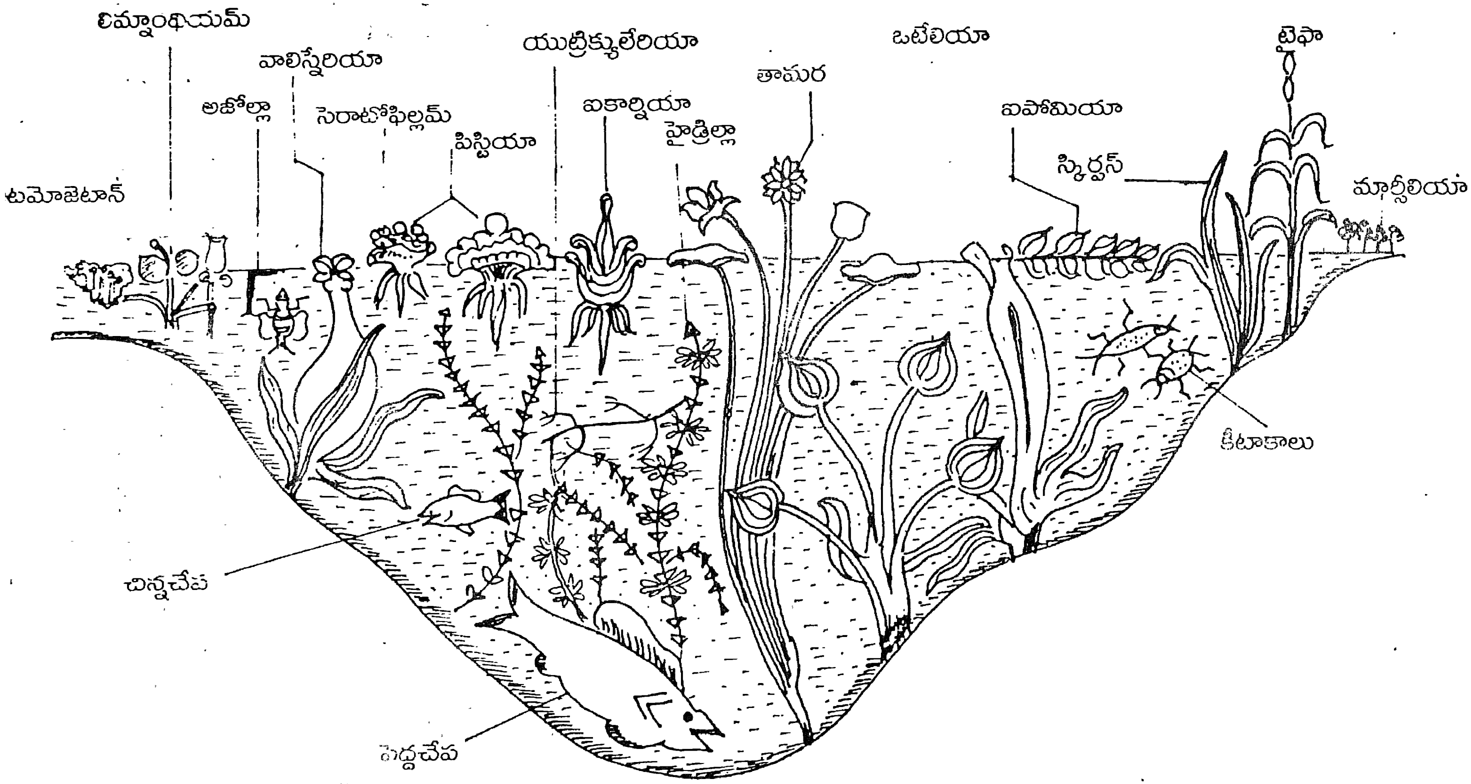
అంతరతామర *(Pistia)*, **బుడగ తామర** *(Eichhornia)*, **ఉల్ఫియా** *(Wulfia)*, **స్పైరోడెల్లా** *(Spirodella)*, **అజొల్లా** *(Azolla)*, **లెమ్నా** *(Lemna)* మొదలైన మొక్కలు నీటి ఉపరితలంలో తేలియాడుతూ కొలను ఆవరణ వ్యవస్థలో ఉంటాయి. వీటికి వాతయుత మృదు కణజాలం, సంతులనం జరిపే వేళ్ళు ఉండడం వల్ల గాలి తాకిడికి పడిపోకుండా నీటిపై సమగ్రంగా తేలుతూ ఉంటాయి. నీటి ప్రవాహంలో సైతం ఈ మొక్కలు సమర్థవంతంగా బ్రతకగలుగుతాయి.

2) నీటిలో పూర్తిగా మునిగిన మొక్కలు

హైడ్రిల్లా *(Hydrilla)*, **వాలిస్నేరియా** *(Vallisnaria)*, **యుట్రిక్యులేరియా** *(Utricularia)*, **పొటమోజెటాన్** *(Potomogeton)*, **కారా** *(Chara)* మొదలైన మొక్కలు నీటిలో పూర్తిగా మునిగి ఉంటాయి. అయినప్పటికీ ఇవి సమర్థవంతంగా జీవనక్రియను నిర్వహిస్తాయి.

3) నీటి అడుగున వేళ్ళూని నీటిపై తేలియాడే మొక్కలు

వీటినే కొలను అంచులో పెరిగే మొక్కలు (Marginal plants) అంటారు. **ఎలియోఖారిస్** *(Eleocharis)*, **టైఫా** *(Typha)*, **సాజిట్టేరియా** *(Sagittaria)*, **మార్సీలియా** *(Marsilea)*, **ట్రాపా** *(Trapa)*, **కలువ** *(Nymphaea)*, **తామర** *(Nelumbo)* మొదలయిన మొక్కల వేళ్ళు కొలను ఆవరణ వ్యవస్థ నీటి అడుగున మృత్తికకు నాటుకొని పత్రాలు నీటి ఉపరితలంపై విప్పారి ఉంటాయి. కొన్ని మొక్కలు కొలను చుట్టూ ఉండే నీటిలోనూ తేమ నేలల్లోనూ ఉభయజీవులుగా పెరుగుతూ ఉంటాయి. వీటికి **జస్సియా** *(Jussiaea)*, **కొలకేషియా** *(Colacasia)*, **మార్సీలియా** *(Marsilea)*, **ఐపోమియా** *(Ipomoea)*, **హెర్పెస్టెస్** *(Herpestes)*, **పాలిగోనమ్** *(Polygonum)*, **నెప్ట్యూనియా** *(Neptunia)* మొదలైన మొక్కలు చక్కని ఉదాహరణలు.



పటం 2.25 కొలను ఆవరణవ్యవస్థ-వివిధ మండలాలు 1. నీటిలో మునిగిన మొక్కలు 2. స్వేచ్ఛగా తేలుతున్న మొక్కలు 3. వేళ్ళు నాటుకొని మునిగిన లేదా తేలుతున్న మొక్కలు 4. ఉభయ జీవులు

జీవద్రవ్యరాశి - శక్తి ప్రవాహం (Biomass and flow of Energy)

ఒక కొలనులోని నిర్ణీత ఘనపరిమాణం గల నీటిలో నున్న మొక్కలన్నింటినీ ఆ కొలను ఆవరణ వ్యవస్థ జీవద్రవ్యరాశి (Biomass) గా నిర్ణయిస్తారు. నీటిలోని పెద్దమొక్కల జీవద్రవ్యరాశి విలువ ఆక్సిజన్ బాంబ్ కెలోరీమీటరు (Oxygen Bomb-Calorimeter) ద్వారా కెలోరి/గ్రామ్ అనే ప్రమాణాలలో కొలుస్తారు. కాని సూక్ష్మ ప్లవకాల జీవ ద్రవ్యరాశిని సగటు జీవద్రవ్యరాశి/ఘ.మీ. నీరు అని తెలుపుతారు. అయితే సాధారణంగా సూక్ష్మప్లవకాల జీవద్రవ్యరాశి విలువ పెద్దమొక్కల ద్రవ్యరాశి విలువ కంటే తక్కువగా ఉంటుంది.

2) వినియోగదారులు

కొలను ఆవరణ వ్యవస్థలో స్థూలవినియోగదారులు, సూక్ష్మవినియోగదారులని రెండు రకాల వినియోగదారులుంటాయి.

ఎ) స్థూలవినియోగదారులు

స్థూల వినియోగదారులను తిరిగి ప్రథమ వినియోగదారులు, ద్వితీయ వినియోగదారులు, తృతీయ వినియోగదారులు అని మూడు రకాలుగా విభజిస్తారు.

1. ప్రథమ వినియోగదారులు

ప్రథమవినియోగదారులు ఉత్పత్తిదారులపై ఆధారపడి శాకాహారులుగా బ్రతుకుతాయి. ప్రథమ వినియోగదారులు, కొలను ఆవరణవ్యవస్థలో 5 రకాలుగా ఉంటాయి. అవి -

1. జంతు ప్లవకాలు (Zoo planktons)
2. బెంథాస్ (Benthos)
3. పెరిఫైటాన్ (Periphyton)
4. నెక్టోన్ (Necton)
5. న్యూస్టాన్ (Neuston)

1. జంతు ప్లవకాలు

కొలను ఆవరణవ్యవస్థలో ***అమీబా (Amoeba), పారమీషియమ్ (Paramoecium), యూగ్లీన (Euglena), కోలెప్స్ (Coleps), డైలెప్టస్ (Dileptus)*** మొదలైన ప్రోటోజోవన్లు (Protozoans); ***బ్రాఖియోమోనాస్ (Brachiomonas), ఆస్ప్లాంక్న (Asplanchna)*** మొదలైన రోటిఫెర్లు (Rotifers); ***సైక్లోప్స్ (Cyclops), స్టీనోసైప్రిస్ (Stenocypris), డాఫ్నియా (Daphnia)*** మొదలయిన క్రస్టేషియన్లు (Crustacians) జంతుప్లవకాలు,వృక్షప్లవకాల మీద, మొక్కల అవశేషాలపైన శాకాహారులుగా ఆధారపడి జీవిస్తాయి.

2. బెంథాస్

ఆకుపచ్చని మొక్కలతో కల్సి జీవించే జంతువులను బెంథాస్ అంటారు. కీటకాల డింభకాలు (insect larvae), కుమ్మరిపురుగులు (beetles) కొలను అడుగుభాగంలో శాకాహారులుగా బ్రతుకుతాయి. వీటిని డెట్రివోర్లు (Detrivores) అంటారు. అనలిడా, మొలస్కాకు చెందిన జీవులు కూడా నీటి అడుగు భాగంలో బ్రతుకుతాయి.

3. పెరిఫైటాన్

జలగలు (leeches), డ్రాగన్‌ఫ్లై (dragon fly), నీటి మైట్‌లు (water mites) మొదలైన జంతువులు నీటి అంతర్భాగంలోనూ, నీటిపై తేలుతూ కూడా నీటిమొక్కలపై శాకాహారులుగా ఆధారపడి బ్రతుకుతాయి.

4. నెక్టాన్

నీటి ప్రవాహానికి ఎదురీదే జంతువులలో చిన్నచేపలు (fish) నెక్టాన్‌లకు చక్కని ఉదాహరణ. ఇవి శైవలాలకు సంబంధించిన వృక్షప్లవకాలపై ఆధారపడి శాకాహారులుగా బ్రతుకుతాయి.

5. న్యూస్టాన్

దోమ డింభకం (Mosquito larva), టాడ్ పోల్ డింభకం (Tadpole larva) నీటి ఉపరితలంలో నిలకడగా గాని లేదా ఈదుతూగాని ఉంటాయి. ఇవి శాకాహారులు.

2. ద్వితీయ వినియోగదారులు

కీటకాలు, కప్ప, మధ్యతరగతి చేప మొదలైన మాంసాహారులు, ప్రథమ వినియోగదారులపై ఆధారపడి బ్రతుకుతాయి.

3. తృతీయ వినియోగదారులు

గేమ్‌ఫిష్ (game fish) వంటి పెద్ద చేపలు, పాములు (snakes), కొంగలు (storks) మొదలైన మాంసాహార జంతువులు చిన్న చేపలను, కీటకాలను, కీటకాల డింభకాలను భక్షిస్తాయి.

బి) సూక్ష్మ వినియోగదారులు (విచ్ఛిన్నకారులు)

వివిధ రకాల బాక్టీరియమ్‌లు, ***ఆస్పర్జిల్లస్ (Aspergillus), సెఫాలోస్పోరియమ్ (Cephalosporium), పిథియమ్ (Pythium), రైజోపస్ (Rhizopus), ఫ్యూసేరియమ్ (Fusarium), సాప్రోలెగ్నియా (Saprolegnia), ట్రైకోడెర్మా (Trichoderma)*** మొదలైన శిలీంధ్రాలు జీవ అనుఘటకాల విసర్జకాలను, కళేబరాలను విచ్ఛిన్నం చేసి సంక్లిష్ట కర్బన పదార్థాలను సరళ కర్బన పదార్థాలుగా భౌమావరణంలో కలుపుతాయి.

9. సముద్రావరణవ్యవస్థ (Ocean (Marine) Ecosystem)

భౌమావరణ వ్యవస్థలో 71% భూభాగం సముద్రావరణ వ్యవస్థచే ఆక్రమించబడింది. సముద్రావరణ వ్యవస్థలో పసిఫిక్ మహాసముద్రం, హిందూ మహాసముద్రం, అట్లాంటిక్ మహాసముద్రం, ఆర్కిటిక్ మహాసముద్రం, అంటార్కిటిక్ మహాసముద్రం మొదలైన మహాసముద్రాలు ఉన్నాయి. సముద్రాలన్నింటిని కలిపి సముద్రావరణ వ్యవస్థగా వ్యవహరిస్తారు. సముద్రావరణ వ్యవస్థలో 1) నిర్జీవ అనుఘటకాలు 2) జీవ అనుఘటకాలు అన్న రెండు రకాల అనుఘటకాలున్నాయి.

ఎ) నిర్జీవ అనుఘటకాలు

సముద్రావరణ వ్యవస్థలో నీళ్ళలో 3.5% ఉప్పు ఉంటుంది. మంచినీటి ఆవరణ వ్యవస్థలోని నీళ్ళలో కేవలం 0.5% ఉప్పు కంటే తక్కువే ఉంటుంది. సముద్రావరణ వ్యవస్థను మంచినీటి ఆవరణవ్యవస్థతో పోల్చినపుడు, సముద్రావరణ వ్యవస్థ ఎక్కువ స్థిరత్వాన్ని కలిగి ఉంటుంది. సముద్రావరణ వ్యవస్థలో ఉప్పు (Sodium Chloride) ఎక్కువగా ఉంటుంది. కాల్షియమ్, మెగ్నీషియమ్, పొటాషియమ్ (K) లవణాలు కూడా ఉంటాయి. కాంతి, ఉష్ణోగ్రత వంటి భౌతిక కారకాల ప్రభావంతో సముద్రావరణ వ్యవస్థలోఆటు-పోటులు సంభవిస్తాయి.

బి) జీవ అనుఘటకాలు

సముద్రావరణవ్యవస్థలో 1) ఉత్పత్తిదారులు 2) వినియోగదారులనే రెండు రకాల జీవ అనుఘటకాలుంటాయి.

I ఉత్పత్తిదారులు

సముద్రావరణ వ్యవస్థలో వృక్షప్లవకాలు, మహావృక్షాలు కూడా ఉంటాయి. డయనో ఫ్లాజిల్లేట్‌లు (Dianoflagellates), డయాటమ్‌లు (Diatoms), వృక్షప్లవకాలకు ఉదాహరణ. వీటితో పాటు క్లోరోఫైసి, ఫియోఫైసి, రోడోఫైసి మొదలైన విభాగాలకు (classes) సంబంధించిన అనేక శైవలాలు (Algae) ఉంటాయి. **రప్పియా *(Ruppia)*, జోస్టెరా *(Zostera)*, పోసిడోనియ *(Posidonia)*, హాలోఫిల *(Halophila)*, ఎన్‌హాలస్ *(Enhalus)*** మొదలైన నిజసముద్రపు ఆవృతబీజాలు (True marine angiosperms) అనేకంగా ఉంటాయి. అయితే **రైజోఫోర *(Rhizophora)*, అవిసినియా *(Avicennia)*, థెస్‌పీసియా *(Thespesia)*, సొన్నెరేషియా *(Sonneratia)*, కెరాప *(Carapa)*, ఏజిసెరాస్ *(Aegiceros)*, హెరిటెరా *(Heritera)*, సెరియాప్స్ *(Ceriops)*, బ్రుగైరా *(Brugiera)*, నీపా ఫ్రూటికన్స్ *(Nipa fruiticans)*** మొదలైన మొక్కలు సముద్రతీర ప్రాంతపు అడవుల (mangrove forests) లో దట్టంగా పెరుగుతాయి.

2) వినియోగదారులు

సముద్రావరణ వ్యవస్థలో 1) స్థూల వినియోగదారులు 2) సూక్ష్మ వినియోగదారులని రెండు రకాల వినియోగదారులుంటాయి.

ఎ) స్థూలవినియోగదారులు

స్థూల వినియోగదారులను తిరిగి ప్రథమ వినియోగదారులు, ద్వితీయ వినియోగదారులు, తృతీయ వినియోగదారులు అని మూడు రకాలుగా విభజిస్తారు.

1. ప్రథమ వినియోగదారులు

క్రస్టేసియన్‌లు, మొలస్కాజాతులు, చేపలు మొదలైన శాకాహారులు పూర్తిగా ఉత్పత్తిదారులపై ఆధారపడి బ్రతుకుతాయి.

2. ద్వితీయ వినియోగదారులు

హెర్రింగ్ (Herring), షాద్ (Shad), మాకెరెల్ (Mackerel) వంటి మాంసాహారులైన పెద్ద చేపలు ప్రథమ వినియోగదారులను భక్షిస్తాయి. వీటినే ద్వితీయ వినియోగదారులని అంటారు.

3. తృతీయ వినియోగదారులు

కాడ్ (Cod), హడ్డక్ (Haddock) మొదలైన పెద్ద చేపలు ఉన్నతశ్రేణికి చెందిన మాంసాహారులు. ఇవి ప్రథమ, ద్వితీయ వినియోగదారులను భక్షిస్తాయి.

బి) సూక్ష్మ వినియోగదారులు (విచ్ఛిన్నకారులు)

సముద్రావరణ వ్యవస్థలో ముఖ్యంగా బాక్టీరియమ్‌లు, శిలీంధ్రాలు ఉత్పత్తిదారుల, వినియోగదారుల విసర్జకాలను, కళేబరాలను విచ్ఛిన్నం చేసి సంక్లిష్ట సమ్మేళనాలను సరళ సమ్మేళనాలుగా విడదీస్తాయి.

10. నదీముఖ ప్రదేశావరణ వ్యవస్థ (Estuarine Ecosystem)

నదీముఖ ప్రదేశం (Eustuary) లో నదీ ప్రవాహం వల్ల వచ్చిన మంచినీరు సముద్ర గర్భంలో కల్సిపోతుంది. అందువల్ల నదీముఖ ప్రదేశం సముద్రంతో సన్నిహిత సంబంధాన్ని కల్గి ఉంటుంది. ఈ నదీముఖ ప్రదేశాలకు సముద్రపు ఆటు-పోటుల (tides) ప్రభావం ఎక్కువగా ఉంటుంది. నదీ ముఖాలు (River mouths), సముద్ర తీరశాఖలు (Coastal bays), సముద్రపు ఆటు పోటులున్న బురద ప్రాంతాలు (Tidal marshes), సముద్రతీరం (Water behind barrier beaches) మొదలైన ప్రాంతాలను కలిసికట్టుగా 'నదీముఖ ప్రదేశావరణ వ్యవస్థ' అంటారు. దీనిలో రెండు రకాల అనుఘటకాలుంటాయి. 1) ఉత్పత్తిదారులు 2) వినియోగ దారులు.

1) ఉత్పత్తిదారులు

నదీముఖ ప్రదేశావరణ వ్యవస్థ చాలా సారవంతమైన ఆవరణ వ్యవస్థ. అందువల్ల క్లోరోఫైసి, ఫియోఫైసి, రోడోఫైసికి సంబంధించిన శైవలాలు, వృక్షప్లవకాలు, సముద్రపు గడ్డి (Sea grass), సముద్రపు మొక్కలు, బురదనేల గడ్డి, ఇంకా ఇతర వృక్షాలు అధికంగా అభివృద్ధి చెందుతాయి.

2) వినియోగదారులు

ఆయిస్టర్ (Oyster), ఎండ్రి (Crab), ష్రింప్‌లు (Shrimps), స్పోర్ట్ చేపలు (Sport fish), కీటకాలు ప్రథమ వినియోగదారులుగా ఉండి శాకాహారులుగా బ్రతుకుతాయి. రకరకాల చేపలు, సముద్రపు పాములు, సీల్‌లు, వేల్ (Whale) మొదలైన ద్వితీయ, తృతీయ వినియోగదారులుంటాయి. అదే విధంగా వివిధ బాక్టీరియమ్‌లు, శిలీంధ్రాలు జీవ అనుఘటకాలను విచ్ఛిన్నం చేస్తాయి. వీటినే సూక్ష్మ వినియోగదారులు లేదా విచ్ఛిన్నకారులని అంటారు.

11. పగడపు దిబ్బ ఆవరణవ్యవస్థ (Coral reef Ecosystem)

ప్రపంచ ఆవరణ వ్యవస్థలలో పగడపు దిబ్బ ఆవరణ వ్యవస్థ అతి సుందరమైంది. ఈ ఆవరణ వ్యవస్థలు ఎక్కువగా పసిఫిక్ మహాసముద్రంలోనూ, హిందూ మహాసముద్రంలోని వేడినీటి (Warm water) ప్రాంతాలలోనూ కనబడతాయి. పగడపు దిబ్బ ఆవరణ వ్యవస్థలకు సంవత్సర సరాసరి ఉష్ణోగ్రత 24^{0}C అనుకూలంగా ఉంటుంది. ఇవి సాధారణంగా 40 నుండి 50 మీటర్ల లోతుగల సముద్రాలలో చాలా ఎక్కువ పెరుగుదలను చూపుతాయి. అకస్మాత్తుగా ఉష్ణోగ్రత హెచ్చినపుడు లేదా ఎక్కువ కాలం 18^{0}C కంటే తక్కువ ఉష్ణోగ్రత ఉన్నపుడు పగడపు దిబ్బలు నశిస్తాయి. రాతిమయమైన నీటి అడుగుభాగంలో వీటి పెరుగుదల ఉధృతంగా ఉంటుంది. వీటికి సరియైన సూర్యరశ్మి సక్రమంగా సోకాలి. లీటరు నీటిలో ఉప్పు సాంద్రత 35 గ్రాముల వరకు ఉండాలి. పగడపు దిబ్బలు మంచినీటిలో గాని, బురదనీటిలో గాని లేదా అధిక సాంద్రత గల ఉప్పునీటి సరస్సులలో గాని అభివృద్ధి చెందవు.

కాల్షియమ్, శైవలసంబంధమైన జిగురు పదార్థాలతో పగడపు దిబ్బలు నిర్మితమవుతాయి. సముద్రాలలో ద్వీపాల (Islands) చుట్టూ, అగ్నిపర్వతాల శిఖరాల (Volcanic peaks) చుట్టూ, పగడపు పురుగుల (Polyps) చేతనూ, కాల్షియమ్ సూక్ష్మజీవుల (Lime secreting minute animals) చేతనూ

పగడపు దిబ్బలు నిర్మించబడతాయి. పగడపు పురుగులు వాటి దేహం చుట్టూ కాల్షియం కార్బోనేటుతో నిర్మించుకున్న రక్షక కవచాన్ని (Protective shell) ఏర్పరచుకుంటాయి. పగడపు పురుగులు జీవితాంతం ఆ కవచాల (పగడం)లో బ్రతికి, చనిపోయిన తర్వాత ఆ పగడాలు సముద్రపు నీటి అడుగున మునిగి ఉంటాయి. పగడపు పురుగుల కుటుంబాలు పొదలు లేదా వృక్షాల రూపంలో నిర్మించడంవల్ల పగడపు దిబ్బలు వృక్షాలను పోలిన కోరల్‌రీఫ్ (Coral reef) లుగా ఏర్పడతాయి. పగడపు పురుగులే కాకుండా కాల్షియమ్ శైవలాలు (Calcareous algae), బ్రయోజోవన్‌లు (Bryozoans), మొలస్కాలు (Molluscs), సూక్ష్మమైనా ప్రోటోజోవన్‌లు (Microscopic Protozoans) మొదలైన జంతువుల వల్ల పగడపు దిబ్బలు నిర్మితమవుతాయి.

12. సూక్ష్మ ఆవరణవ్యవస్థ (Micro Ecosystem or Microcosm)

గాజు సీసాలలో లేదా ఇతర పాత్రలలో ఏదైనా ఒక పదార్థాన్ని ఒక చిన్న ఆవరణ వ్యవస్థగా భావించినపుడు ఆ ఆవరణ వ్యవస్థను "సూక్ష్మ ఆవరణవ్యవస్థ" అంటారు. పరిశోధనాత్మకమైన సూక్ష్మావరణ వ్యవస్థలకు అవసరాలను బట్టి పాక్షికంగా వెలుతురు, గాలి, ఉష్ణోగ్రత సోకటానికి ప్రత్యేక ద్వారాలు, అమరికలు కల్పించడం జరుగుతుంది. వివిధ సూక్ష్మావరణ వ్యవస్థలలో వివిధ జీవరాశులు, వివిధ నిర్జీవ అనుఘటకాలు ఉంటాయి. సూక్ష్మ ఆవరణ వ్యవస్థలలో పోషకస్థాయిలు (Trophic levels) సక్రమంగా నిర్వహించబడతాయి. కాని నిర్జీవ అనుఘటకాలు, జీవ అనుఘటకాలు రకాలలో, ఆకారాలలో, సంఖ్యలలో హెచ్చు తగ్గులను, మార్పులను కలిగి ఉంటాయి. సూక్ష్మ ఆవరణ వ్యవస్థలు, వివిధ ఆవరణవ్యవస్థల నిర్మాణాన్ని, విధులను, అవగాహన చేసుకోవటానికి, ప్రయోగశాలలో పరిశీలించటానికి అనుకూలంగా ఉంటాయి.

13. అంతరిక్ష ఆవరణవ్యవస్థ (Space Craft as an Ecosystem)

భూగ్రహం (Earth) నుంచి ఉపగ్రహాల ద్వారా కక్ష్యామార్గంలో పయనించే వ్యోమగాముల (Astronauts)కు కొంత దూరం మేరకే స్వయంసమృద్ధి గల ఆవరణ వ్యవస్థ (Self sustaining Ecosystem) అందుబాటులో ఉంటుంది. ఆ తర్వాత శూన్య ప్రదేశం ఉంటుంది. ఇది వ్యోమగాములకు నిరుపయోగమైంది. అందువల్లనే కొద్దిరోజుల ఉపయోగార్థం ఆక్సిజన్, ఆహారపదార్థాల నిలువలతో నిండిన గుళికలు (Capsules) వ్యోమగామి శకటాలలో పొందుపరుచబడి ఉంటాయి. అవసరాన్ని బట్టి ఆక్సిజన్ వాయువును, ఆహార పదార్థాలను వ్యోమగాములు వినియోగించుకుంటారు. ఎక్కువ మంది వ్యోమగాములు కక్ష్యామార్గంలో సుదీర్ఘ ప్రయాణాలు చేసేటపుడు, వారు జీవించటానికి, సక్రమంగా పనులు నిర్వహించటానికి తగిన స్వయం సమృద్ధి గల ఆవరణవ్యవస్థ (Self Sustained Ecosystem) అత్యవసరం. ఇటువంటి స్వయం సమృద్ధిగల ఆవరణ వ్యవస్థలో నాలుగు రకాల అనుఘటకాలు తప్పకుండా ఉండాలి. అవి. 1) నిర్జీవ అనుఘటకాలు 2) ఉత్పత్తిదారులు 3) వినియోగదారులు 4) విచ్ఛిన్నకారులు మొదలైనవి. ఇవి వివిధ పరిసరాల ప్రభావాన్ని ఎదుర్కొని వ్యోమగాములకు అనుకూల పరిస్థితులను కలుగజేస్తాయి. అయితే సాంకేతిక నిపుణులు, పర్యావరణ శాస్త్రవేత్తలు వ్యోమగాములకు కావలసిన స్వయం సమృద్ధి గల ఆవరణవ్యవస్థను ఇంకా సమగ్రంగా రూపుదిద్దాల్సిన అవసరం, ఆవశ్యకత ఎంతైనా ఉంది.

3.
ఉత్పాదన
(PRODUCTIVITY)

ఉత్పత్తి ఆవరణ శాస్త్రం (Production Ecology) వృక్షాల, జంతువుల ఉత్పత్తులను, వాటి ఉత్పాదనా పద్ధతులను చర్చిస్తుంది. ఉత్పత్తి ఆవరణశాస్త్ర విజ్ఞానానికి వనరుల యాజమాన్య దృష్ట్యా (Management of resources) ఎంతో ప్రాముఖ్యత ఉంది. మానవుని సంక్షేమానికి భౌమావరణ వ్యవస్థ, (Terrestrial Ecosystem), నీటి ఆవరణ వ్యవస్థ (Aquatic Ecosystem) ఉత్పాదనల అభివృద్ధి, ఇంకా వాటి సంరక్షణా పద్ధతులను పెంపొందించటానికి ప్రపంచ వ్యాప్తంగా విస్తృత పరిశోధనలు జరపాలని ఇంటర్నేషనల్ బయాలాజికల్ ప్రోగ్రామ్ (IBP) సంస్థను స్థాపించడమైంది.

ఉత్పాదన అంటే ఏమిటి ?

ఒక ప్రమాణ కాలంలో ఒక ప్రమాణ వైశాల్యం గల స్థలం నుంచి ఏర్పడిన జీవరాశుల ఉత్పత్తిని ఉత్పాదన లేదా ఉత్పత్తి రేటు (Rate of Production) అంటారు.

ఏ సమయంలోనైనా ఉత్పాదనను, జీవరాశుల బరువును కొలచి సులభంగా అంచనా వేయవచ్చు. ఈ ఉత్పాదననే 'జీవ ద్రవ్యరాశి' (Biomass) అంటారు. ఏదైనా ఒక ప్రత్యేక సమయంలో కొలచిన జీవ ద్రవ్యరాశిని దాని 'నిలకడ పంట' (Standing Crop) అంటారు. మొత్తం జీవద్రవ్యరాశి నిర్మాణానికి కావలసిన కర్బన పదార్థాల పునరభివృద్ధి రేటును 'టర్నోవర్' (Turnover) అంటారు. టర్నోవర్ విలువను ఈ కింది సూత్రం చేత లెక్కించవచ్చు.

$$T = \frac{B\ max - B\ min}{Total\ B}$$

T = టర్నోవర్ (Turnover)

B max = సంవత్సరంలో గరిష్ఠ జీవద్రవ్యరాశి

B min = సంవత్సరంలో కనిష్ఠ జీవద్రవ్యరాశి

Total B = మొత్తం జీవద్రవ్యరాశి

ఉత్పాదన - రకాలు (Types of Productivity)

ఉత్పాదనను రెండు రకాలుగా గుర్తించవచ్చు. అవి

1. ప్రాథమిక ఉత్పాదన 2. ద్వితీయ ఉత్పాదన

1. ప్రాథమిక ఉత్పాదన (Primary Productivity)

ఉత్పత్తిదారులు (మొక్కల) కిరణజన్య సంయోగక్రియలో తయారుచేసుకున్న పిండి పదార్థాలకు (కర్బన పదార్థం) వినియోగపడిన సౌర వికిరణ శక్తి (Sun's radiant energy) నిలువల రేటును "ప్రాథమిక ఉత్పాదన" అంటారు. ప్రాథమిక ఉత్పాదన మూడు రకాలుగా ఉంటుంది.

1. సంపూర్ణ ప్రాథమిక ఉత్పాదన
2. నికర ప్రాథమిక ఉత్పాదన
3. నికర సముదాయ ఉత్పాదన

1. సంపూర్ణ ప్రాథమిక ఉత్పాదన (Gross Primary Productivity)

కొలత సమయంలో శ్వాసక్రియలో వినియోగపడ్డ కర్బన పదార్థంతోసహా కిరణజన్య సంయోగ క్రియ మొత్తం ఉత్పాదన రేటును సంపూర్ణ ప్రాథమిక ఉత్పాదన అంటారు. దీనినే కిరణజన్య సంయోగ క్రియ మొత్తం (Total Photosynthesis) లేదా కర్బన స్వాంగీకరణ (Carbon assimilation) అని కూడా అంటారు. దీనిని క్లోరోఫిల్ పరంగా ఒక ప్రమాణ వైశాల్యంలో పొడి బరువును క్లోరోఫిల్ పర్ గ్రామ్ (Chl/g) అని లేదా కిరణజన్య సంయోగక్రియ సంఖ్యాపరంగా అంటే ఒక గంటకు స్థాపించబడ్డ కార్బన్ డయాక్సైడ్ మొత్తం పర్ గ్రామ్ క్లోరోఫిల్ (Co_2 fixed/g chl/hr) అని కొలుస్తారు.

2. నికర ప్రాథమిక ఉత్పాదన (Net Primary Productivity)

సంపూర్ణ ప్రాథమిక ఉత్పాదనలో కొంత భాగం శ్వాసక్రియలోనూ, వృక్ష లేదా జంతు దేహ నిర్వాహణకూ వినియోగపడుతుంది. కాగా మిగిలిన సంపూర్ణ ప్రాథమిక ఉత్పాదన మొక్క దేహంలో నిలువ చేయబడి మొక్క పోషణకు, పెరుగుదల-అభివృద్ధికి తోడ్పడుతుంది. కొలత సమయంలో శ్వాసక్రియకు వినియోగపడగా మిగిలిన సంపూర్ణ ప్రాథమిక ఉత్పాదన (కర్బన పదార్థం) వివిధ కణజాలాలలో నిలువ ఉండే రేట్లును "నికర ప్రాథమిక ఉత్పాదన" అంటారు. దీనినే "వ్యక్తమయ్యే కిరణ జన్య సంయోగక్రియ" (Apparent Photosynthesis) లేదా "నికర స్థాయీకరణ" (Net Assimilation) అంటారు.

నికర ప్రాథమిక ఉత్పాదన వినియోగదారులకు అత్యధికంగా లభించే శక్తి వనరు కాబట్టి ఆవరణశాస్త్ర పరంగా ఇది విలువైన విశేష లక్షణాలు సంతరించుకుంది. అందువల్లనే నికర ప్రాథమిక ఉత్పాదన, జీవ సముదాయాల మొత్తం ఆహార వలయాన్ని తన వశంలో ఉంచుకుంటుంది. వృక్షాల మాదిరిగా కాకుండా జంతువులలో భుజించిన ఆహారం కొంత భాగమే జీర్ణమై, జీర్ణం కాని మిగిలిన భాగం బయటికి విసర్జితమవడం వల్ల నికర ప్రాథమిక ఉత్పాదన దృష్ట్యా వృక్షాలకున్నంత ఉన్నత స్థానం జంతువులకు లేదు. జంతువులలో కూడా జీర్ణమైన ఆహారపదార్థాన్ని 'నికర ఉత్పత్తి' (Net Production) అంటారు. సహజీవావరణంలో నికర ప్రాథమిక ఉత్పాదనలో కొంతభాగం పరపోషితాలైన జంతువులకు, వృక్షాలకు, సూక్ష్మజీవులకు వినియోగించబడి, కొంతభాగం ఊరికే నశించి పోతుంది. కాబట్టి నికర ఉత్పాదనను ఏదైనా ఒకానొక సమయంలో కొలిచి కనుక్కోవడం అంత సులభసాధ్యమైన పని కాదు.

3. నికర సముదాయ ఉత్పాదన (Net Community Productivity)

వినియోగదారులు వినియోగించుకోక పోవడం వల్ల జీవ సముదాయాలలో మిగిలిన నికర ప్రాథమిక ఉత్పత్తిరేటును 'నికర సముదాయ ఉత్పాదన' అంటారు. అంటే నికర ప్రాథమిక ఉత్పాదన నుంచి ఒక సంవత్సరం కాలంలో పరపోషితాలు వినియోగించిన ఉత్పత్తిని తీసివేసినపుడు మిగిలిన ఉత్పత్తిని నికర సముదాయ ఉత్పాదన అంటారు. దీనిని సాధారణంగా Kg m^{-2} $Unit^{-1}$ Time అన్న

ప్రమాణాలలో కొలుస్తారు. అయితే కాలాన్ని (Time) ఒకరోజు లేదా ఒకనెల లేదా ఒక రుతువు లేదా ఒక సంవత్సరాన్ని ఆధారంగా తీసుకొని నికర సముదాయ ఉత్పాదనను అంచాన వేయవచ్చు.

2. ద్వితీయ ఉత్పాదన (Secondary Productivity)

వినియోగదారుల పోషక స్థాయిల (Consumer's trophic levels) లోని శక్తి నిలువల రేటును ద్వితీయ ఉత్పాదన అంటారు. శాకాహారులను ద్వితీయ పోషక స్థాయిలోనూ, మాంసాహారులను తృతీయ, చతుర్థ మొదలైన పోషక స్థాయిల్లోనూ చేర్చారు. ఈ వినియోగదారులు తీసుకున్న కర్బన సంబంధమైన ఆహార పదార్థాలలో కొంతభాగం శరీరంలో జీర్ణమై మిగిలిన భాగం విసర్జించ బడుతుంది. అయితే జంతువులలో ఆహారపదార్థం జీర్ణం కావడం వల్ల ఉత్పన్నమైన శక్తి మొత్తం, కేవలం వాటి ప్రత్యుత్పత్తి, పెరుగుదల వంటి అభివృద్ధి కార్యక్రమాలకే కాకుండా, అత్యధిక భాగం శక్తి శ్వాసక్రియకు, శరీర ఉష్ణోగ్రతను క్రమబద్ధం చేయటానికి, ఇంకా అనేక జీవన చర్యలను నిర్వర్తించడానికీ ఉపయోగపడుతుంది. ఈ విధంగా వివిధ అవసరాలకు వినియోగపడగా మిగిలిన శక్తి, జీవుల వివిధ కణజాలాలలో నిలువ చేయబడుతుంది. దీనినే "నికర ద్వితీయ ఉత్పత్తి" (Net Secondary Production) అంటారు. ఈ నికర ద్వితీయ ఉత్పత్తిని "నికర ఉత్పత్తి ' అనీ, 'మొత్తం ద్వితీయ ఉత్పత్తి' (Total Secondary Production) అనీ వర్గాలుగా విభజించరాదని ఓడమ్ (Odum, 1971) అభిప్రాయపడ్డాడు. శీతల రక్త జంతువులలో స్వాంగీకరణ సామర్థ్యం (assimilation efficiency) (~30%), ఉష్ణ రక్త జంతువుల స్వాంగీకరణ సామర్థ్యం (~ 70%) కంటే తక్కువగా ఉన్నప్పటికీ శీతల రక్త జంతువులలో జీవన చర్యల నిర్వహణ కోసం అతి తక్కువ శక్తి వినియోగమవుతుంది. కాబట్టి శీతల రక్త జంతువులలో ద్వితీయ ఉత్పత్తి ఉత్పాదనా సామర్థ్యం ఉష్ణ రక్త జంతువుల కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది (Engelmann, 1968). ద్వితీయ ఉత్పాదన, ప్రాథమిక ఉత్పాదన రీతులు నిలకడగా ఉండకుండా ఒక ప్రాణి నుంచి ఇంకొక ప్రాణికి ఎప్పుడూ చలిస్తూ ఉంటాయి.

అవికల్ప పరాన్నజీవులు (Detrivores), విచ్ఛిన్న కారులు (Decomposers) వంటి సూక్ష్మజీవులు, అన్ని పోషక స్థాయిలలోని సమస్త జీవుల మృతకళేబరాలను, విసర్జకాలను ఉపయోగించుకొని విచ్ఛిన్నం చేస్తాయి. శక్తి వలయంలో శక్తి ఒక దశలో అవికల్ప పరాన్నజీవులు, పూతికాహారుల ద్వారా విచ్ఛిన్నమై వేరొక దశలో ఉత్పత్తిదారులు మరియు వినియోగదారుల రూపంలో పునర్నిర్మించబడి ఎప్పుడూ భ్రమణాన్ని కల్గి ఉంటుంది. ఈ శక్తి ప్రవాహంలో సూక్ష్మజీవుల పెరుగుదల సామర్థ్యం అధికమవటం వల్ల పూతికాహార పోషక స్థాయి ఉత్పాదన కూడా పెరుగుతుంది. భౌమావరణ వ్యవస్థలో పూతికాహారుల ద్వారా పరాన్నపోషక ఉత్పాదన (heterotrophic productivity) పెరుగుతుంది. అయితే నీటి ఆవరణ వ్యవస్థలో మాత్రం ద్వితీయ ఉత్పాదన ఆహారపు గొలుసులో గల అనేక జీవరాశులతో సంబంధాన్ని కలిగి ఉంటుంది.

ఆహార ఉత్పత్తి - ప్రాథమిక అంశాలు (Food production - fundamental aspects)

ఆహార ఉత్పాదన పరిణామంలో ఉత్పాదన సంబంధమైన ప్రాథమిక అంశాలు మూడుంటాయి. ఇవి ఒకదానికొకటి సన్నిహిత సంబంధాలను కలిగి ఉంటాయి. అవి -

1. నిలకడ పంట 2. తొలగించబడ్డ పదార్థాలు 3. ఉత్పత్తిరేటు

1. నిలకడ పంట

నిలకడ పంట లేదా నిలకడ జీవద్రవ్యరాశికి (Standing biomass), ఇవ్వబడిన ఒకానొక సమయంలో ఆ ప్రాంతంలోని ఉత్పాదనకు ఎటువంటి సంబంధం ఉండదు. జీవద్రవ్యరాశితో గణించి ఏదైనా ఒక సమయంలో ఆవరణ వ్యవస్థ ఉత్పాదనను తేలికగా నిర్ధారించకూడదు. ఎందుకంటే జీవులు ఒక పక్కన ఉత్పాదన చేస్తూ, ఇంకొక పక్కన వినియోగిస్తూ ఉంటాయి. ఉదాహరణకు ఎక్కువ గడ్డి ఉత్పాదన గల పచ్చికబయళ్ళలో పశుగణాలను మేపి, అదే స్థలాన్ని పశువులు మేయని తక్కువ గడ్డి ఉత్పాదన గల వేరొక స్థలంతో పోల్చి చూచినపుడు, పశువులు మేయని స్థలం, పశువులు మేసిన స్థలానికంటే తక్కువ గడ్డి నిలకడ పంటను చూపిస్తుంది. కానీ వ్యవసాయ పంట భూములలో నిలకడ పంట లేదా జీవ ద్రవ్యరాశి ద్వారా నికర ప్రాథమిక ఉత్పాదనను సులువుగా అంచనా వేయవచ్చు. ఉత్పాదనను విలువ కట్టి గణించటానికి నిలకడ పంట పొడిబరువును సాధారణంగా gm^{-2} అన్న ప్రమాణాలలో కొలుస్తారు.

ఆవరణ వ్యవస్థలో పశుగ్రాసం, ఆహారం, ఇంధనం మొదలైన వాటికి తోడుగా నిలకడ పంట కూడా అనేక రకాల జీవులకు జీవావరణ ఆశ్రయం, కల్పించడంలో ఉపయోగపడుతుంది. ఉదాహరణకు అడవులలోని వృక్షాలు పక్షులకు, అడవి మృగాలకు ఆశ్రయమిస్తాయి. వాతావరణ కాలుష్య నివారణకు పాటు పడతాయి. దీని మూలంగా వృక్షాల జీవ ద్రవ్యరాశి పెరిగినపుడు, సహజంగా వినియోగదారుల జీవ ద్రవ్యరాశి పెరుగుతుంది.

2. తొలగించబడ్డ పదార్థాలు

మానవునికి ఆహారపదార్థాల సరఫరా నిమిత్తం ఆవరణ వ్యవస్థ నుంచి తరలించిన ధాన్యం, ఫలాలు, వంట చెరకు, మాంసం, గ్రుడ్లు మొదలైన జీవ సంబంధమైన వస్తువులను 'ఫలసాయం' (Yield) అంటారు. ఇవి కాకుండా జీవరాశుల వలస, కొన్ని రకాల కర్బన నిధుల తరలింపువల్ల ఆవరణ వ్యవస్థ ఫలితం తగ్గిపోతుంది. ఆవరణ వ్యవస్థలో నుంచి ఎంతైతే జీవ సంబంధ పదార్థాలు తరలిపోతాయో, అంతకంటే ఎక్కువ పోషకాలను, ఇతర జీవ సంబంధ పదార్థాలను తిరిగి చేర్చినపుడు ఆ ఆవరణ వ్యవస్థ క్రమబద్ధం చేయబడుతుంది. ఆవరణ వ్యవస్థలోని సముదాయాల సమతౌల్యం (equilibrium) కాపాడాలంటే జీవుల పెరుగుదలకు, అభివృద్ధికి కావలసిన వనరులను కల్పించాలి.

3. ఉత్పత్తి రేటు

ఒకానొక ప్రాంతంలో జీవరాశుల పెరుగుదల విధానాల చర్యను 'ఉత్పత్తిరేటు' అంటారు. అందువల్ల కొంత నిర్ణీత కాలంలో ఏర్పడ్డ ఉత్పత్తి రేటును 'ఉత్పాదన' అని కూడా అంటారు.కానీ ఒక నిర్ణీత ప్రాంతంలో ఒక నిర్ణీతకాలంలో ఏర్పడ్డ నిలకడ పంట ఆ ప్రాంతంలోని ఉత్పాదనను కొలవటానికి ప్రమాణం కాబోదని గ్రహించాలి. ఆహార ఉత్పత్తుల రేటే నిజమైన ఉత్పాదన కొలత అవుతుంది. కానీ ఒకానొక సమయంలోని జీవరాశుల బరువు లేదా సంఖ్యను గణనలోకి తీసుకొని ఉత్పాదనను అంచనా వేయకూడదు. సుమారుగా ఉత్పాదన కొలతను తెలుసుకోవటానికి పదేపదే జీవద్రవ్యరాశిని కొలిచి పొందవచ్చు. ఉత్పాదన, ఉత్పత్తి రేటు అనే ఈ రెండు పదాలను ఒకదానికి బదులు ఒకటి తరచుగా వాడతారు. ఒక నిర్ణీత కాలంలో జీవులు కూడబెట్టిన కర్బన పదార్థాన్ని 'ఉత్పత్తి (production)' అంటారు. అయితే తికమక లేకుండా ఉండటానికి కాలాన్ని ప్రత్యేకంగా వ్యక్త పరచాలి.

ప్రాథమిక ఉత్పత్తి అభివృద్ధి విధానం (Primary Production Process)

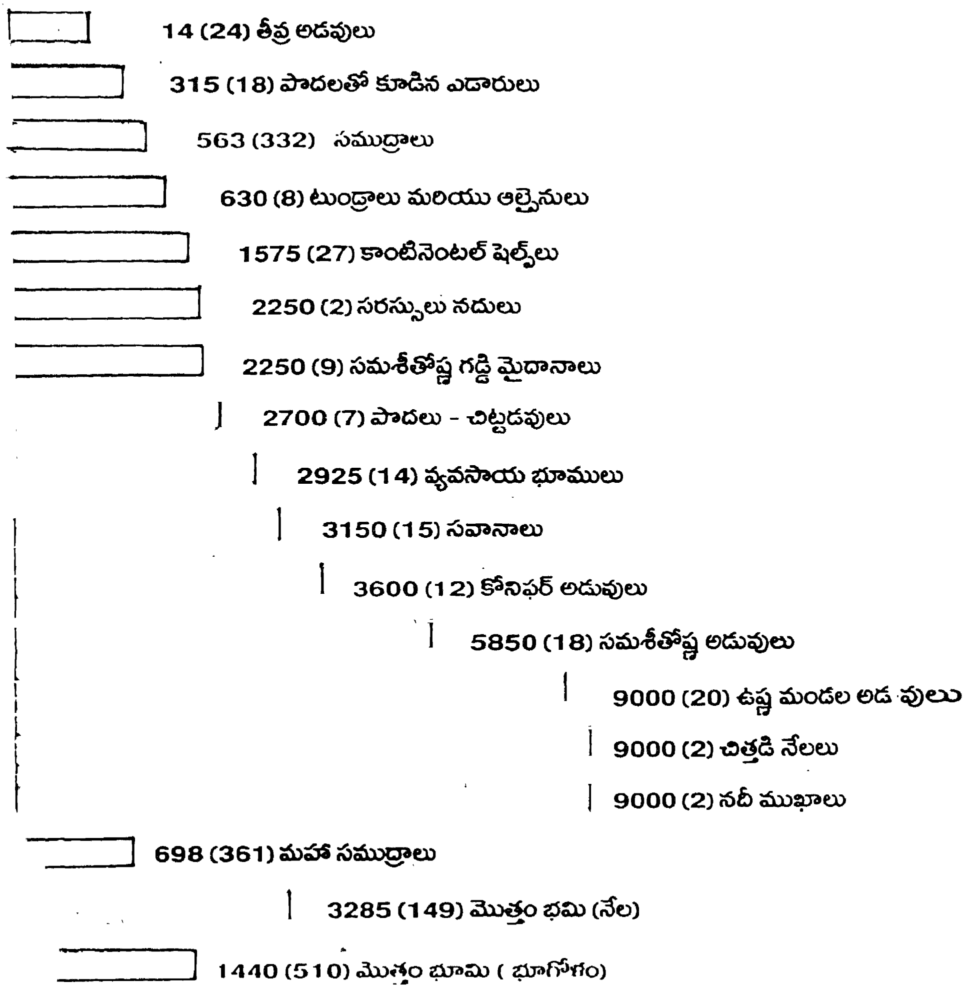
కిరణజన్య సంయోగక్రియ, రసాయన సంశ్లేషణ క్రియల వల్ల ఉత్పత్తిదారులైన హరిత వృక్షాలు ప్రాథమిక ఉత్పాదనాభివృద్ధిని సాధిస్తాయి. కిరణజన్య సంయోగక్రియలోకాంతి దశ, నిష్కాంతి దశ అన్న రెండు ఉపదశలుంటాయి. కాంతి దశలో సౌరశక్తి, హరితం, నీరు వివిధ రసాయన చర్యలను జరిపి ఎడినోసిన్ ట్రైఫాస్ఫేటు (ATP), నికోటిన్ అమైడ్ అడెనిన్ డై-ఫాస్ఫేటు హైడ్రోజన్ ($NADPH_2$) అనే శక్తి సంబంధ పదార్థాలను ఏర్పరుస్తాయి. నిష్కాంతి దశలో ఏర్పడ్డ కార్బన్ డయాక్సైడ్, కాంతి దశలో తయారైన ATP, $NADPH_2$ పదార్థాలతో కల్సి వివిధ రసాయన చర్యల ద్వారా క్షయకరణ చెంది, పిండి పదార్థాలను (ప్రాథమిక ఉత్పాదన) ఏర్పరుస్తుంది. పిండిపదార్థాల తయారీలో ప్రతీ కార్బన్ డయాక్సైడ్ బృహదణువు సంశ్లేషణకు (assimilation) 144 కిలో కాలరీల సౌరశక్తి వినియోగపడుతుంది.

$$6\,CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{కాంతి}]{\text{హరితం}} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2 \uparrow$$

వివిధ ఆవరణ వ్యవస్థలు - ఉత్పాదన (Productivity of Different Ecosystems)

వివిధ రకాల ఆవరణ వ్యవస్థలలోని ప్రాథమిక ఉత్పాదనలో అనేక వ్యత్యాసాలుంటాయి. మొక్కల ఆకారాలు, ఘనపరిమాణం, పత్రాల విస్తీర్ణం, సంఖ్య, ఇతర సహజ గుణాల మీద ప్రాథమిక ఉత్పత్తి రేటు ఆధారపడి ఉంటుంది. ఆవరణ వ్యవస్థలో ఎక్కువ పరిమాణం గల మొక్కలను బట్టి అధిక ఉత్పాదనలను ఊహించలేము. కాని కిరణజన్య సంయోగక్రియలో సౌరశక్తి స్థాయీకరణ రేటును బట్టి ఉత్పాదనను నిర్ణయించవచ్చు. ఉదాహరణకు దట్టమైన అడవిలో గల పెద్ద వృక్షాలను చూచి ఇవి కొలను ఆవరణ వ్యవస్థలోని చిన్న వృక్షాల కంటే ఎక్కువ ప్రాథమిక ఉత్పాదనా సామర్థ్యం కలిగి ఉంటాయని వాదించలేము. ఎందుకంటే వాయువు, వర్షం, ఆటు-పోటు, శిలాజ ఇంధనం, జంతువులు, మానవుడు మొదలైన ఇతర కారకాల మీద కూడా ఉత్పాదన రేటు ఆధారపడి ఉంటుంది. భౌతిక కారకాలు (ఉ॥ వర్షం), ఆవరణ బహిర్గత శక్తులు (ఉ॥ మానవుడు) సహకారాన్ని అందించి అనుకూలంగా ఉన్నపుడు సహజ ఆవరణ వ్యవస్థలో గాని లేదా కృత్రిమ ఆవరణ వ్యవస్థలో గాని ఉత్పత్తి రేటు నిరాటంకంగా పెరుగుతుంది.

దాదాపు అన్ని ఆవరణ వ్యవస్థల నికర ప్రాథమిక ఉత్పత్తులను విట్టాకర్ (Whittaker, 1970) స్థూలంగా అంచనా వేశాడు. ఇతడు మొత్తం భౌగోళిక విస్తీర్ణాన్ని $510 x 10^6\ km^2$ గా అంచనా వేశాడు. దీనిలో $149 x 10^6\ km^2$ భూ విస్తీర్ణంగానూ, $361 x 10^6\ km^2$ సముద్ర విస్తీర్ణంగానూ ఉంటుంది. భౌమావరణ వ్యవస్థ నుంచి సరాసరి ప్రాథమిక ఉత్పత్తి సంవత్సరానికి **3285** కిలో కాలరీలు/m^{-2} ఉంటుంది. సముద్ర ఆవరణ వ్యవస్థలో సరాసరి ప్రాథమిక ఉత్పత్తి సంవత్సరానికి **698** కిలో కాలరీలు/m^{-2} ఉంటుంది. ఉష్ణ మండల అడవుల (Tropical forests) ప్రాథమిక ఉత్పత్తి 18.5×10^6 కిలో కాలరీలు, సమశీతోష్ణ మండల అడవుల (Temperate forests) ప్రాథమిక ఉత్పత్తి 10.5×10^6 కిలో కాలరీలు ఉంటుంది. చిత్తడి నేల (Swamp lands), తడినేలలు (Marsh lands) కల్సి సంవత్సరానికి సరాసరి ప్రాథమిక ఉత్పత్తి రేటు **9000** కిలో కాలరీలు/m^{-2} ఉంటుంది. ఎడారులు, పగడపు దీవులు, నదీ ముఖాలు మొదలైన ఆవరణ వ్యవస్థలలో ప్రాథమిక ఉత్పత్తులు స్వల్పంగా ఉంటాయి. పై వివరాలను రేఖా పటంలో కూడా పొందుపరచాము (పటం 3.1).



పటం 3.1 పాలీన పరాసరి నికర ప్రాథమిక ఉత్పత్తి

బార్ తర్వాత సంఖ్య = కి. క్యాలరీలు m^{-2} సంవత్సరం

కుండలీ కరణంలో సంఖ్య = వైశాల్యం 10^6 Km^2

పై లెక్కల ఆధారంగా (~80%) భూభాగంలో మొత్తం మీద ఉత్పాదన తక్కువగానే కనబడుతుంది. దీనికి నీటి కారకం ప్రభావమే కావచ్చు. జీవావరణంలో అత్యధిక ఉత్పాదన గల ప్రాంతాలకు ఉదాహరణగా పగడపు దీవులను, నదీముఖ పరీవాహ ప్రాంతాలను పేర్కోవచ్చు. అదే విధంగా ఎడారులను అత్యల్ప ఉత్పాదనావరణ వ్యవస్థగా పేర్కొంటాము. భౌగోళిక విస్తీర్ణంలో భూ విస్తీర్ణం 29% అయినప్పటికీ దీనిలో సంవత్సరానికి ప్రాథమిక ఉత్పత్తి పొడి బరువు 133 × 10^{12} టన్నులుంటుందని లాసన్ (Lawson, 1984) అంచనా. సంవత్సరానికి వ్యవసాయ భూముల నుంచి 15 × 10^{12} టన్నుల ఉత్పత్తి, అడవుల నుంచి 49 × 10^{12} టన్నుల ఉత్పత్తి ఉంటుంది. ఉష్ణమండలాలు, సమశీతోష్ణ మండలాల్లో గల చిత్తడినేలలు, తడి నేలలు మొత్తం భౌమావరణ వ్యవస్థలో 1.3% భూ ఉపరితలం కలిగి ఉన్నప్పటికీ అవి మొత్తం ఉత్పాదనలో 5.5% ఉత్పత్తిని సాధిస్తున్నాయి. తర్వాత భౌమావరణ వ్యవస్థలో సవానా అడవుల (Savanna forests) వృక్ష సముదాయాలు మొత్తం ఉత్పాదనలో 30% ఉత్పాదనను సాధిస్తున్నాయి. పై వివరాల ద్వారా మొత్తం భౌమావరణంలో సంవత్సరానికి హెక్టారుకు సరాసరి మొత్తం ఉత్పాదన 8.91 టన్నులుంటుందని అంచనాలు ఉన్నాయి. ఇంకా వివరాలకు ప్రపంచ భౌమావరణ వ్యవస్థలను, వాటి ప్రాథమిక ఉత్పాదనలను పట్టిక రూపంలో వివరించాము (పట్టిక 3.1).

పట్టిక 3.1 ప్రపంచ భౌమావరణ వ్యవస్థల ప్రాథమిక ఉత్పాదన

(Total Primary Productivity of Terrestrial Ecosystems of the World)

క్ర. సం.	ఆవరణవ్యవస్థలు	ఉపరితల వైశాల్యం 10^6 Km²	%	సాలీనా ప్రాథమిక ఉత్పాదన 10^{12} టన్నులు	%
1.	అడవులు	31.3	21.0	48.7	36.6
2.	సమశీతోష్ణ అడవులు	2.0	1.3	3.0	2.3
3.	చపార్రల్ (chaparral)	2.5	1.7	2.0	1.5
4.	సవానాలు	22.5	15.1	39.3	29.6
5.	సమశీతోష్ణ పచ్చిక మైదానాలు	12.5	8.4	9.8	7.3
6.	ఆర్కిటిక్ & ఆల్పైన్ అడవులు, టండ్రాలు	9.5	6.4	2.1	1.6
7.	పొదలతో ఎడారులు	21.0	14.1	3.0	2.3
8.	తీవ్రమైన ఎడారులు	9.0	6.0	0.13	0.1
9.	మంచుకొండలు	15.5	10.4	0.0	0.0
10.	సరస్సులు, నదులు	2.0	1.3	0.8	0.6
11.	చిత్తడి నేలలు - తడినేలలు	2.0	1.3	7.25	5.5
12.	బురద నేలలు	1.5	1.0	1.5	1.1
13.	వ్యవసాయ భూములు	16.0	10.7	15.0	11.3
14.	మానవ నివాస ప్రాంతం	2.0	1.3	0.4	0.3
	మొత్తం	**149.3**	**100.0**	**133.0**	**100.0**

ప్రాథమిక ఉత్పాదన - కొలత (Measurement of Primary Productivity)

ప్రాథమిక ఉత్పాదనను ఈ కింది పది సాధారణ పద్ధతుల ద్వారా కొలువవచ్చు.

1. పంట ఫలితం పద్ధతి (Harvest Method)
2. ఆక్సిజన్ కొలత పద్ధతి (Oxygen Measurement Method)
3. కార్బన్‌డయాక్సైడ్ పద్ధతి (Carbondioxide Method)
4. బాంబు కాలోరిమెట్రి పద్ధతి (Bomb Calorimetry Method)
5. కిరణ సమస్థానీయ పద్ధతి (Radio Isotope Method)
6. పత్ర విస్తీర్ణ సూచిక పద్ధతి (Leaf area index Method)
7. హరితం అంచనా పద్ధతి (Chlorophyll Estimation Method)
8. పి.హెచ్ పద్ధతి (p^H Method)
9. ముడి సరకుల నిష్క్రమణ పద్ధతి (Disappearance of Raw Materials Method)
10. సంఖ్యా పరమైన అంచన (Numerical Estimation)

1. పంట ఫలితం పద్ధతి

సాగు చేసిన పంటల కొలతకు ఈ పద్ధతి చాలా అనుకూలమైనది. వ్యవసాయ సాగు పంటలలో పంట కాలం పూర్తి కాగానే ఫలితం ఒకేసారి పక్వానికి వస్తుంది. పొలంలో విత్తనాలు నాటిన నుంచి చేను పక్వానికి వచ్చే వరకు ఉత్పత్తి రేటు సున్న (Zero) నుంచి క్రమంగా అత్యధిక స్థాయి వరకు పెరుగుతుంది. అయితే వ్యవసాయదారులు పంట దెబ్బతినకుండ, క్రిమికీటకాలు, జంతువుల బారి నుంచి పంట చేలను సంరక్షించాలి. పొలం కోసిన తర్వాత ఫలసాయాన్ని వేరుచేసి ఎండబెట్టాలి. తర్వాత నాణ్యత గల ఫలసాయాలను అంటే వాటి జీవద్రవ్యరాశిని లెక్కించాలి. ఫలసాయం కాలరిక్ విలువ (Caloric Content) తెలిసినట్లైతే ఫలితాన్ని కాలరీల వంటి ప్రమాణాలలో విలువ కట్టవచ్చు. వ్యవసాయ భూములలో కాకుండా వ్యవసాయేతర భూములలో కూడా ఏకవార్షికాల మొక్కల విషయంలో ఈ పద్ధతి ద్వారా ఉత్పాదనను సునాయసంగా కొలవవచ్చు.

కీటకాలు, పశువులు పంటచేల శాఖలను, పత్రాలను భక్షించినపుడు ప్రాథమిక ఉత్పాదన రక్షణకు భంగం వాటిల్లి, ప్రాథమిక ఉత్పాదన కొంత మేరకు తగ్గుతుంది. ఈ తగ్గిపోయిన ఉత్పాదనను అంచనా వేయటం చాలా కష్టంతో కూడుకున్న పని. అందువల్ల గడ్డి భూములు, అడవులు మొదలైన ఆవరణ వ్యవస్థల నుంచి ఆహారపదార్థాలు వినియోగ దారులు వినియోగించినపుడు పంట ఫలితం పద్ధతి ద్వారా ప్రాథమిక ఉత్పాదనను కొలవడం సాధ్యం కాదు. అయితే పత్రాలు, శాఖలు మొదలైన శాకీయ భాగాలు వినియోగదారుల వల్ల నష్టపోయినపుడు తత్సమానమైన నష్టపరిహారాన్ని జీవ ద్రవ్యరాశికి చేర్చినట్లైతే నికర ప్రాథమిక ఉత్పత్తిని లెక్క కట్టవచ్చు.

2. ఆక్సిజన్ కొలత పద్ధతి

కిరణజన్యసంయోగక్రియలో విడుదలైన ఆక్సిజన్ (O_2) పరిమాణానికి, ప్రాథమిక ఉత్పత్తి రేటుకు ప్రత్యక్ష సంబంధం ఉంటుంది.

$$6\,CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{కాంతి}]{\text{హరితం}} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2 \uparrow$$

ఈ సంబంధాన్ని బట్టి ఆక్సిజన్ కొలత పద్ధతి ద్వార ప్రాథమిక ఉత్పాదనను కొలుస్తారు. కిరణజన్య సంయోగ క్రియలో విడుదలైన ఆక్సిజన్ వాయువును, స్థాయీకరణ చెందిన కర్బన పదార్థాన్ని కొలిచి ఉత్పాదనను అంచనా వేస్తారు. ఈ పద్ధతి ద్వారా మంచినీటి ఆవరణ వ్యవస్థ లేదా సముద్రావరణ వ్యవస్థల ఉత్పాదనను వెలుతురు, చీకటి సీసాల వంటి పరికరాలతో (light and dark bottle) కొలచి తెలుసుకోవటం బహుళ ప్రచారంలో ఉంది.

ఈ పద్ధతి ప్రకారం నీటిలో తేలియాడే శైవల సంబంధ మొక్కలు గల కొలను నీటిని అల్యూమినియమ్ పొరచే నిర్మించిన, కాంతి సోకని నల్లని సీసాలోకి తీసుకోవాలి. అదే విధంగా కాంతి సోకటానికి వీలుగల ఇంకొక సాధారణమైన గాజు సీసాను తీసుకొని అదే కొలను నీటితో నింపి, ఈ రెండు సీసాలను కొలను నీటిలోనే వేలాడగట్టాలి. ఈ ప్రయోగారంభానికి ముందు, ప్రయోగం పూర్తైన తర్వాత కూడా వింక్‌లర్స్ (Winkeler's) పద్ధతి లేదా ఇంకే ఇతర పద్ధతి ద్వారానైనా రెండు సీసాలలో కూడా ఆక్సిజన్ గాఢతను కొలవాలి. కాంతి సోకిన సీసాలో పెరిగిన ఆక్సిజన్ గాఢత నికర కిరణజన్య సంయోగక్రియ (Net Photosynthesis) ను తెలుపుతుంది. ఈ ఆక్సిజన్ గాఢతకు, కాంతి సోకని సీసాలో శ్వాసక్రియ వల్ల ఏర్పడిన ఆక్సిజన్ నష్టాన్ని కలిపి ప్రాథమిక ఉత్పత్తిరేటును తెలుసుకోవచ్చు. కానీ ఈ పద్ధతిలో ఆక్సిజన్ వాయువు ఆవరణంలోని ఇతర వాయువులతో కలసిపోవడం వల్ల కచ్చితమైన వివరాలను పొందలేము.

3. కార్బన్‌డయాక్సైడ్ పద్ధతి

భౌమావరణ సముదాయాలలో (Terrestrial Communities) ప్రాథమిక ఉత్పాదనను కొలవటానికి సాధారణంగా కార్బన్ డయాక్సైడ్ పద్ధతిని ఉపయోగిస్తారు. ఒక స్థలంలో నిర్ణీత వైశాల్యంగల మూడు గాజు (glass) గదులను నిర్మించి వాటిలోకి ఆస్పిరేటర్ (aspirator) సహాయంతో సహజ వాయువు ఒక చివర నుండి వచ్చి రెండవ కొన నుండి వెళ్ళిపోయేటట్లు వేరువేరుగా అమర్చాలి. రెండుగదులలో సమాన వయస్సు, సమాన విస్తరణ గల ఒకే రకమైన మొక్కలను అమర్చాలి. తర్వాత ఒక గదికి చక్కని సూర్యరశ్మి సోకేటట్లుగా, రెండవ గదికి సూర్యరశ్మి సోకకుండా చీకటిగా ఉండునట్లుగా ఏర్పాట్లు చేయాలి. అయితే మూడవ గదిలో ఏవిధమైన మొక్కలు లేకుండా చేయాలి. నిర్ణీత సమయంలో మూడు గదుల నుంచి వెలువడిన వాయువులను వేరువేరుగా బేరియమ్ ఆక్సైడ్ ద్రావణంలోకి పంపించాలి. 0.1 N గాఢత గల హైడ్రోక్లోరిక్ ఆమ్లం (Hcl) తో, కార్బన్ డయాక్సైడ్‌ను గ్రహించిన బేరియమ్ ఆక్సైడ్‌ను టైట్రేషన్ (titration) పద్ధతి ద్వారా కలిపి వివిధ గదుల నుండి వెలువడ్డ కార్బన్‌డయాక్సైడ్ వాయువుల విలువలను వేరువేరుగా అంచనా వేయవచ్చు.

మొక్కలు లేని గది నుంచి వచ్చిన సాధారణ వాయువులో గల కార్బన్‌డయాక్సైడ్ (Co_2) ను 'కంట్రోల్' (control) అంటారు. చీకటి గది నుంచి వెలువడ్డ , వాయువులో సాధారణ వాయువులోని కార్బన్‌డయాక్సైడ్, శ్వాసక్రియలో విడుదలైన కార్బన్‌డయాక్సైడ్ కూడా ఉంటాయి. సూర్యరశ్మి సక్రమంగా సోకిన గదిలో నుండి వెలువడిన వాయువులో సాధారణ వాయువులోని కార్బన్‌డయాక్సైడ్, శ్వాసక్రియలో విడుదలైన కార్బన్‌డయాక్సైడ్ మొత్తం నుంచి కిరణజన్య సంయోగ క్రియకు వినియోగపడ్డ కార్బన్‌డయాక్సైడ్‌ను తీసివేయగా, మిగిలిన కార్బన్‌డయాక్సైడ్ మాత్రమే ఉంటుంది. పై విలువల ఆధారంగా చదరపు మీటరులో ప్రాథమిక ఉత్పత్తికి గాను వినియోగపడ్డ నికర కార్బన్‌డయాక్సైడ్ రేటును లెక్కించవచ్చు.

4. బాంబు కాలోరిమెట్రి పద్ధతి

ప్రాథమిక ఉత్పాదనను ఆక్సిజన్ బాంబ్ కాలోరిమీటరు (Oxygen bomb calorimeter) సహాయంతో శక్తి రూపంలో కొలవవచ్చు. ఒక గ్రాము మొక్కపొడిని (pulverised plant material) ఓవెన్‌లో 70^0C ఉష్ణోగ్రత వద్ద 24 నుండి 48 గంటల వరకు ఎండబెట్టి లోహపు మూస (Metal combustion crucible) లో వేసి మూసను బాంబ్‌లో అమర్చి, మూతను బిగించి, 30 అట్మాస్ఫియర్ల (30 Atmospheres) గాఢత గల స్వచ్ఛమైన ఆక్సిజన్ (O_2) వాయువును సరఫరా చేస్తూ విద్యుత్తు చేత బాంబ్‌ను ఛార్జ్ చేయాలి.

మొక్కపొడి సంపూర్ణ శక్తిని (Gross energy) ఈ కింది సూత్రం సహాయంతో గ్రాము ఒక్కొంటికి కాలరీలలో తెలుసుకోవచ్చు (Leith, 1986).

$$V = \frac{W.\triangle^t - \sum C}{G}$$

V = సంపూర్ణ శక్తి

W = 0^0C వద్ద శక్తి సమానత

$\triangle^t$ = హెచ్చిన ఉష్ణోగ్రత O_F లో

G = ఎండిన మొక్కపొడి బరువు

$\sum C$ = ఫ్యూజ్‌వైర్ మంట ఉష్ణోగ్రత

పై విధంగా రకరకాల ఎండిన మొక్కలపొడిని (Dry plant material) ఆక్సిజన్ బాంబు కాలరీ మీటరులో మండించినపుడు శక్తి విలువ సాధారణంగా గ్రాముకు 3 నుండి 5 కి. కాలరీలు ఉంటుంది. ఎండిన మొక్కపొడిలో స్వచ్ఛమైన పిండి పదార్థాలు (Carbohydrates), ప్రోటీనులు, లిపిడ్‌ల విలువలు వరసగా గ్రాముకు 4, 5, 9.2 కిలో కాలరీలు ఉంటాయి.

5. వికిరణ సమస్థానీయ పద్ధతి

నీటి మొక్కల ఉత్పాదనను తెలుసుకోవటానికి ఉపయోగపడుతున్న అతి సున్నితమైన పద్ధతులలో వికిరణ సమస్థానీయ పద్ధతి (Radio Isotope Method) ఒకటి. నీటి మొక్కలను (ఉ॥ శైవలాలు) నీటితో సహా కాంతి సోకే వెలుతురు సీసా, కాంతి సోకని చీకటి సీసాలలో వేరువేరుగా నింపాలి. తర్వాత తెలిసిన నిర్ణీత బరువుగల కిరణధార్మిక సమస్థానీయ కర్బనం - సి^{14} (radio active isotopic-C^{14}) ను సోడియమ్ బై కార్బోనేటు (NaH C^{14} O_3) రూపంలో రెండు సీసాలలో సమంగా కలపాలి. కిరణధార్మిక సమస్థానీయ కర్బనం (C^{14}) కిరణజన్య సంయోగ క్రియలో స్థాయీకరణ చెంది పిండి పదార్థం (Carbohydrate) ఏర్పడుతుంది. కిరణధార్మిక సమస్థానీయ కర్బనం (C^{14}) కలిపిన కొన్ని గంటల తర్వాత కాంతి సోకిన, కాంతి సోకని సీసాల నుంచి నమూనా (Samples) లను తీసి జైజర్ కౌంటర్ (Gieger Counter) సహాయంతో కిరణజన్యసంయోగ క్రియలో వినియోగపడ్డ కిరణధార్మిక సమస్థానీయ కర్బనం (C^{14}) ను అంచనా వేసి ప్రాథమిక ఉత్పాదనను కచ్చితంగా తెలుసుకోవచ్చు.

6. పత్ర విస్తీర్ణ సూచిక పద్ధతి

ఒక ప్రమాణ వైశాల్యం గల భూభాగంపై నున్న పత్రం ఒక తలం వైశాల్యాన్ని (One surface of leaf) 'పత్ర విస్తీర్ణ సూచిక' అంటారు. పత్ర విస్తీర్ణ సూచికతో ఈ కింది సూత్రం ద్వారా ప్రాథమిక ఉత్పాదనను లెక్కించవచ్చు.

$$LAI = \frac{TLA}{TGA}$$

TLA = మొత్తం పత్ర విస్తీర్ణం

TGA = మొత్తం భూ విస్తీర్ణం

LAI = పత్ర విస్తీర్ణ సూచిక

మొక్క ప్రాథమిక ఉత్పత్తిలో పత్రం ప్రధానమైన పాత్ర వహిస్తుంది. కాబట్టి ఉత్పాదనను పత్ర విస్తీర్ణ సూచిక ద్వారా ఎక్కువగా కొలుస్తారు. తేమ వంటి ఇతర కారకాల ప్రభావం లేనపుడు పత్రవిస్తీర్ణ సూచిక (LAI) పెరుగుదలను బట్టి ప్రాథమిక ఉత్పత్తి కూడా పెరుగుతుంది. సాధారణంగా పత్ర విస్తీర్ణ సూచిక (LAI) విలువ 4.0 ఉన్నట్లైతే అధిక నికరఉత్పత్తి ఉత్పాదన జరుగుతుంది. అంటే భూ విస్తీర్ణానికి నాలుగు రెట్లు పత్ర విస్తీర్ణం అధికమైనపుడు, ఇది సూర్యరశ్మిలో కిరణజన్య సంయోగ క్రియ జరిపి అధిక నికర ఉత్పత్తినిస్తుంది. పరిపక్వ దశలో నున్న అడవులలో పత్ర విస్తీర్ణ సూచిక (LAI) విలువ 8.0 నుంచి 10.0 వరకు ఉంటే, సంపూర్ణ ఉత్పత్తి ఉత్పన్నమైనట్లు గణించవచ్చు. అధిక పత్ర విస్తీర్ణ సూచిక గల మొక్కలు అధికంగా సూర్యరశ్మిని గ్రహిస్తాయి. ఈ మొక్కలలో శ్వాసక్రియ వల్ల నష్టపోయిన ఉత్పాదన వల్ల నికర ఉత్పత్తిలో కొంతభాగం తగ్గుతుంది. ఏకదళ బీజాలలోని నిలువు పత్రాలు రెండింతలు పత్ర విస్తీర్ణ సూచికను కల్గి ఉంటాయి. కాబట్టి ఏకదళ బీజాలలో కిరణజన్యసంయోగ క్రియ రేటు ఎక్కువగా ఉంటుంది. పత్ర విస్తీర్ణాన్ని ప్లానిమీటర్ (Planimeter) చేతగాని, బరువు పద్ధతి (Weight Method) ద్వారా గాని లేదా రేఖాపటం (graph) ద్వారా గాని కొలవవచ్చు.

7. హరితం అంచనా పద్ధతి

ఆవరణ వ్యవస్థలో హరితం వల్ల ప్రాథమిక ఉత్పాదన విలువ పూర్తిగా అవగాహన అవుతుంది. హరిత రేణువుల దృశా సాంద్రత (Optical density) 645 nm, 652 nm, 663 nm తరంగ దైర్ఘ్యతలలో (Wave lengths) ఉంటాయి. వీటిని స్పెక్ట్రోఫోటో మీటరు (Spectro photometer) సహాయంతో తెలుసుకుంటారు. జీవశాస్త్ర రీత్యా వృక్షాల నుంచి అప్పుడప్పుడు నిర్ణీత కాలాలలో కొన్ని నమూనాలను తీసి హరితాన్ని 80% అసిటోన్ (Acetone) లో భద్రపరుస్తారు. నమూనాలోని హరితం గాఢతను ఈ కింది సమీకరణం ద్వారా లెక్కించవచ్చు.

$$\text{mg Chlorophyll a g}^{-1}\text{ tissue} = [12.7 \times D_{663} - 2.69 \times D_{645}] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

$$\text{mg Chlorophyll b g}^{-1}\text{ tissue} = [22.9 \times D_{645} - 4.68 \times D_{663}] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

$$\text{mg total Chlorophyll g}^{-1}\text{ tissue} = [20.2 \times D_{645} - 8.02 \times D_{663}] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

$$\text{mg total Chlorophyll g}^{-1}\text{ tissue} = \frac{D_{652} \times V}{34.5 \times W}$$

మొత్తం హరితానికి, కిరణజన్యసంయోగక్రియ రేటుకు గల సంబంధం ఒక గ్రాము హరితం ఉత్పాదన నిష్పత్తి లేదా ఒక గ్రాము కర్బన స్థాయీకరణ నిష్పత్తి ద్వారా తెలుస్తుంది. సంతృప్తమైన కాంతిలో సముద్రపు మొక్కలు ఒక గ్రాము హరితం వల్ల గంటకు 3.7 గ్రాముల కర్బన స్థాయీకరణ నిష్పత్తిని ఉత్పాదన చేస్తాయి.

8. పి.హెచ్ పద్ధతి

కొలను ఆవరణవ్యవస్థలోని మొక్కలు కిరణజన్యసంయోగక్రియలో గ్రహించిన కార్బన్‌డయాక్సైడ్, విడుదలైన ఆక్సిజన్ వాయువులు నీటి పి.హెచ్ విలువను మారుస్తూ ఉంటాయి. ప్రతి కార్బన్‌డయాక్సైడ్ ప్రమాణానికి పి.హెచ్ విలువ ప్రకారం రంగులు మారడం, యానకం రంగులు మార్చే సామర్థ్యం మీద ఆధారపడి ఉంటుంది.

ప్రయోగశాల సూక్ష్మ ఆవరణవ్యవస్థలో (Laboratory micro ecosystem) పి.హెచ్ పద్ధతి ప్రత్యేకంగా ఉపయోగపడుతుంది. ఇక్కడ పగలు ఎడతెరిపిలేని కిరణజన్య షంయోగక్రియ, రాత్రి ఎడతెరిపిలేని శ్వాసక్రియ రికార్డు వివరాలను పి.హెచ్ ఎలక్ట్రోడ్, రికార్డర్‌ల ద్వారా ఆవరణ అనుఘటకాలకు అంతరాయం లేకుండ తెలుసుకోవచ్చు. ఆ రికార్డుల విలువల ఆధారంగా సంపూర్ణ ఉత్పాదనను సులువుగా అంచనా వేయవచ్చు.

9. ముడి పదార్థాల నిష్క్రమణ పద్ధతి

ఈ పద్ధతి ద్వారా ముడి సరకుల నిష్క్రమణ రేటును అంచనా వేయవచ్చు. నిశ్చలతలో నున్న ఆవరణ వ్యవస్థలో జీవరాశులు వినియోగించిన ఉత్పత్తిని తిరిగి కలపడం ద్వారా ఆవరణ వ్యవస్థను సమతుల్యం చేయవచ్చు. అయితే జీవరాశులు వినియోగించిన ఉత్పత్తి రేటును తెలుసుకోవటానికి సరైన మార్గాలు లేవు. నైట్రోజన్, ఫాస్ఫరస్ సంబంధ పదార్థాల సరఫరా సంవత్సరం పొడవున కాకుండ ఒక కాలికాలంలో మాత్రమే కూడబెట్టగల సముద్రావరణ వ్యవస్థలో మాత్రమే ఈ పద్ధతి ఉపయుక్తంగా ఉంటుంది. వసంత కాలంలో సముద్రపు మొక్కలు ఈ ముడి పదార్థాలను ఉపయోగించుకునే రేటును కొలిచి దీని నుంచి నికర సంపూర్ణ ఉత్పాదన (Net gross productivity) ను లెక్కించవచ్చు. నిర్జీవ పదార్థాలు (Non living forces) కూడా ముడి పదార్థాల నిష్క్రమణకు కారణమవుతాయి. కాబట్టి జాగ్రత్తగా ఈ పద్ధతిని ప్రాథమిక ఉత్పాదన కొలవటానికి ఉపయోగించాలి.

10. సంఖ్యాపరమైన అంచనా

భౌమావరణ వ్యవస్థలో నమూనాలను సేకరించే సమయంలో నిలకడ జీవద్రవ్యరాశి (Standing biomass) తీసుకొని ఉత్పాదనను కొలుస్తారు. నీటి ఆవరణ వ్యవస్థలో తెలిసిన ఘనపరిమాణం గల మొక్కల (Phytoplankton) నమూనాలలోని కణాల సంఖ్యను లెక్కించి ఉత్పాదనను అంచనా వేయవచ్చు. ఈ విధంగా ఒక లీటరు లేదా ఘనమీటరు (Litre or Cubic meter) ఘనపరిమాణం గల నీటిలో మొత్తం కణాల సంఖ్యను లెక్కించి ఉత్పాదనను కనుక్కోవచ్చు.

4.

సహజవనరులు

(NATURAL SOURCES)

సహజవనరులు ప్రకృతి వరాలు. ఇవి అమూల్యమైనవి. స్వతస్సిద్ధమైన భూమి, ఖనిజాలు, వృక్షాలు, జంతువులు, జలం, వాయువు, శక్తి వంటి అనేక వనరులను సహజవనరులంటారు. ఈ సహజ వనరులను సాధారణంగా మూడు రకాలుగా విభజించడం పరిపాటి.

1. పునరుద్ధరించగల సహజవనరులు (Renewable resources / Biotic resources)
2. పునరుద్ధరించలేని సహజవనరులు (Non-renewable resources / Physical resources)
3. మార్పుకు గురికాని సహజవనరులు (Unalterable resources)

1. పునరుద్ధరించగల సహజవనరులు

అటవీ సంపద, సాధారణ వృక్షాలు, పంటపొలాల మొక్కలు, జంతువులు, పక్షులు, చేపలు మొదలైన జీవసంబంధమైన వనరులు పునరుద్ధరించగల సహజవనరుల కిందికి వస్తాయి. ప్రకృతిలో ఈ వనరులు పుష్కలంగా లభిస్తాయి. అయినప్పటికీ మానవుడు తన అవసరాల నిమిత్తం సరైన ప్రణాళికా పద్ధతుల ద్వారా వినియోగించుకొని వివిధ ప్రత్యుత్పత్తి పద్ధతుల ద్వారా వీటిని తిరిగి పెంపొందించుకోవచ్చు.

2. పునరుద్ధరించలేని సహజవనరులు

ఇవి భౌతిక, నిర్జీవ సంబంధమైన వనరులు. భూమిలోని ఇనుము, రాగి, జింక్ మొదలైన లోహాలు, బొగ్గు, శిలాజ ఇంధనాలు (fossil fuels), వివిధ ఖనిజాలు, తత్సంబంధమైన ఫాస్ఫేట్లు, నైట్రేట్లు, కార్బోనేటుల వంటి లవణాలు మానవుని అవసరాల నిమిత్తం ఒకే ఒకసారి వినియోగపడి తిరిగి సంశ్లేషణ చెందవు. కాబట్టి వీటిని 'పునరుద్ధరించరాని సహజవనరులు' అంటారు. ఈ వనరులు పూర్తిగా తరిగిపోయిన తరువాత పునరభివృద్ధి చెందవు కాబట్టి, వీటిని మానవుడు సరియైన నేర్పుతో, సరియైన నిర్వాహణ పద్ధతులతో మాత్రమే వినియోగించుకోవలసి ఉంటుంది.

3. మార్పుకు గురికాని సహజవనరులు

ప్రకృతి దృశ్యాలు, నీటిలో ఈదడం, నీటిలో పడవల ప్రయాణం మొదలైన వాటిని 'మార్పుకు గురికాని సహజవనరులని' అంటారు.

సంరక్షణ, యాజమాన్యం

(Conservation and Management)

1908 సంవత్సరంలో వైట్‌హౌస్ (White House) సమావేశానంతరం **ఫిన్‌ఛాట్** అనే మహాశయుడు Con=together; servare=guard అన్న రెండు లాటిన్ మాటలను కలిపి 'Conservation' అనే పదాన్ని సృష్టించాడు. ఈ 'Conservation' అనే పదాన్ని తెలుగు భాషలో 'సంరక్షణ' అంటారు.

ఆదిమానవుడు గాలి, నీరు, ఆహారం, సమృద్ధిగా నున్న సహజవనరులతో సాధారణ వాతావరణంలో స్వచ్ఛంగా బ్రతికాడు. ఆధునిక మానవుడు అందుబాటులో నున్న అమూల్యమైన సహజవనరులను తన అవసరనిమిత్తం ఆర్థిక-సామాజిక-సాంస్కృతిక అభివృద్ధి కోసం అత్యాశతో దూరదృష్టి లేకుండ విచక్షణా రహితంగా వాడుకుంటున్నాడు. అధిక జనాభా పెరుగుదల, పారిశ్రామిక విప్లవం (Industrial revolution), హరిత విప్లవం (Green revolution) వల్ల ఆర్థికాభివృద్ధి సాధించినప్పటికీ క్రమంగా సహజవనరులు తరిగిపోయి, వాతావరణ కాలుష్యమధికమై తుదకు మానవుని మనుగడకే తీరని ముప్పు వాటిల్లే అవకాశాలు సత్యదూరం కాదు. కేవలం మానవుని స్వల్ప ప్రయోజనాల కోసం అమూల్యమైన సహజవనరులు వినియోగపడి తరిగిపోతున్నందువల్ల జీవావరణ కాలుష్యం శ్రుతిమించిపోయి, ప్రపంచ పతనానికే దారితీస్తుందని భార్గవ (1978) హెచ్చరించారు.

సహజవనరులకు, జీవావరణానికి భౌగోళిక సరిహద్దులుండవు. కాబట్టి మానవాళికి ఎదురవుతున్న పలుసమస్యలను ప్రపంచమంతా కలిసికట్టుగా ఎదుర్కోవటానికి సత్వరంగా కృషి జరపాలి. మానవుడు తన స్వార్థాన్ని కొంతమాని, సహజ వనరుల పట్ల, సహజ వాతావరణం పట్ల ప్రత్యేక శ్రద్ధ చూపించి సరైన పర్యావరణ సూత్రాల ఆధారంగా వివేకవంతమైన నిర్వాహణ విధానాలను అవలంబించాల్సిన సమయం ఆసన్నమైంది. నేటితరం, భావితరాల జీవన ప్రమాణాన్ని పెంచడానికి సహజవనరుల సంరక్షణ వ్యూహాలను తూ.చ. తప్పకుండా అమలు పరచడానికి ప్రజలు, రాష్ట్ర-కేంద్ర ప్రభుత్వాలు, అంతర్జాతీయ సంస్థలు ముందడుగు వేసి సామూహిక కృషి జరపాలని జూన్ 5, 1972న నిర్వహించిన "మానవుడు-పరిసరాలు" గూర్చిన యునైటెడ్ నేషన్స్ మహాసభలో సిఫారసులు చేయడం జరిగింది.

ఈ దిగువన కొన్ని ముఖ్యమైన సహజ వనరుల సంరక్షణ పద్ధతులు, నిర్వాహణ చర్యలు, యాజమాన్య విధానాలు చర్చించాము. అవి -

1. నేలలు - సంరక్షణ (Soil Conservation)
2. అడవులు - సంరక్షణ (Forest Conservation)
3. ఖనిజాలు - సంరక్షణ (Minerals Conservation)
4. వన్యప్రాణులు - సంరక్షణ (Wild life Conservation)
5. చేపలు - సంరక్షణ (Fisheries Conservation)
6. నీరు- సంరక్షణ (Water Conservation)
7. శక్తి సంరక్షణ (Energy Conservation)
8. పల్లపు భూములు - సంరక్షణ (Slope lands Conservation)
9. పచ్చిక భూములు - సంరక్షణ (Grass lands Conservation)

1. నేలలు - సంరక్షణ
(Soil Conservation)

నేలను సాధారణంగా "మృత్తిక" అంటారు. ప్రపంచానికి మృత్తిక ముఖ్యమైన జీవనాధార వ్యవస్థ. ఒక దేశం సంపద, అభివృద్ధి ఆ దేశానికి సంబంధించిన నేల యొక్క శక్తి, ఆరోగ్యంపైన పూర్తిగా ఆధారపడి ఉంటాయి. భూగ్రహం ఉపరిభాగం వైశాల్యం 19,69,40,400 చదరపు మైళ్ళు. దీనిలో 30 శాతంలేదా

57,230,000 చదరపు మైళ్ళు నేల ఉపరితల వైశాల్యం. మిగిలింది అంటే 70 శాతం లేదా 13,97,10,400 చదరపు మైళ్ళ విస్తీర్ణం సముద్రం ఆక్రమించి ఉంది. నేల వైశాల్యంలో 50,00,000 చదరపు మైళ్ళు అతిశీతల ప్రదేశాలైన అంటార్కిటిక్, ఆర్కిటిక్ ఆవరించి ఉన్నాయి. దాదాపు 90,00,000 చదరపు మైళ్ళు విస్తీర్ణంలో ఎడారులున్నాయి. 11,00,000 చదరపు మైళ్ళు పర్వతాలు, ఎత్తుపల్లాలు గల పనికి రాని నేలలు ఉన్నాయి. మానవుని అవసరాలకు ఉపయుక్తమైన భూ ఉపరితలం రమారమిగా 47,000,000 చదరపు మైళ్ళు ఉన్నట్లుగా సౌత్‌విక్ (Southwick - 1976) నిర్ధారించాడు.

భారతదేశంలో 3.3 మిలియన్ కి.మీ.$^{-2}$ భూభాగం ఉంది. దీనిలో ఇంచుమించు సగభాగం అంటే 1.4 మిలియన్ కి.మీ.$^{-2}$ భూభాగం లవణత, క్షారత వల్ల తరిగిపోయింది. అటవీసంపదను మరీ ఎక్కువగా నరకడం, పశుగణాభివృద్ధి అధికమై పచ్చికమైదానాలు మేయడం వల్ల భూ ఉపరితలం మీద మొక్కల ఆచ్ఛాదనం తగ్గిపోయి నేల క్రమక్షయానికి (Soil erosion) గురవుతూంది. ఈ నేలలపై బలమైన ఈదురు గాలులు వీచి, భారీ వర్షాలు సంభవించినపుడు భూమి ఇంకా క్రమక్షయానికి గురై పనికిరాకుండ పోతూంది. పొడి, శుష్క ప్రాంతాలలో గాలి వల్ల నేల క్రమక్షయం చాలా సామాన్యంగా ఉంటుంది. ఈ విధమైన మృత్తిక అస్థిరత్వానికి హ్యూమస్, నైట్రోజన్ తో కూడిన వలయాల సంక్షోభం కూడా కొంత వరకు కారణమవుతుంది. సంక్షోభం చెందిన నేలల్లో కర్బన పదార్థం రీసైక్లింగ్ (recycling) చెందకపోవడం వల్లనూ, ఎరువులు సరిగా వాడకపోవడం వల్లనూ భూమి సారవంతత తగ్గుతుంటుంది. ఆ నేల ప్రధానంగా ఇసుకతో కూడి ఉండి, వృక్ష సంపద చాలా వరకు తగ్గిపోవడం జరుగవచ్చు. భారతదేశంలో గాలివల్ల క్రమక్షయం ఉజ్జాయింపుగా 50 మిలియన్ హెక్టార్ల వరకు ఉంటుంది. ఇందులో అధికభాగం రాజస్థాన్‌లోనే ఉంది. భారీ వర్షాల వల్ల నీరు నేల ఉపరితలంపైన ప్రవహించి, నేలను కోసి (erosion) తొలగించి, నాలుగు రకాలుగా క్రమక్షయానికి గురిచేస్తుంది. అవి -

(ఎ) షీటు క్రమక్షయం (బి) రిల్ క్రమక్షయం
(సి) గల్లీ క్రమక్షయం (డి) రిపేరియన్ క్రమక్షయం

ఎ) షీటు క్రమక్షయం (Sheet erosion)

ఒక మాదిరి వర్షం వల్ల నేలపై నున్న పలుచని పొర నీటి ద్వారా తొలగించబడి నేల సారవంతతను తగ్గించడాన్ని షీటు క్రమక్షయం అంటారు.

బి) రిల్ క్రమక్షయం (Riil erosion)

సాధారణ వర్షం ఎక్కువైనపుడు ప్రవాహజలం నేల ఉపరితలంపై త్వరితగతిన పోతూ సన్నని నీటి కాలువలను ఏర్పరస్తుంది. ఇట్టి కాలువలు ఏర్పడడం వల్ల నేలలోని సారవంతమైన జిగి నీటి ప్రవాహంలో కొట్టుకొని పోయి నేలలు నిస్సారంగా తయారయి దెబ్బతింటాయి. దీనినే రిల్ క్రమక్షయం అంటారు.

సి) గల్లీ క్రమక్షయం (Gully erosion)

వర్షపు నీరు అధికమైనపుడు రిల్ క్రమక్షయంలో ఏర్పడిన అనేక సన్నని కాలువలు కలసి, పల్లపు ప్రదేశాలకు ప్రవహించి గల్లీలనే వెడల్పైన పెద్ద కాలువలు ఏర్పడతాయి. ఇంకా వర్షాలు ఎక్కువైనపుడు ఈ గల్లీ కాలువలు వెడల్పై, క్రమంగా లోతుగా ఏర్పడి, చిన్న ఉప-నదులుగా మారతాయి. గల్లీ క్రమక్షయం వల్ల నేలలు పూర్తిగా దెబ్బతింటాయి.

డి) రిపారియన్ క్రమక్షయం (Riparian erosion)

వేగంగా పరుగులు తీస్తూ ఉరకలు వేస్తున్న చిన్న ఉపనదులు భూమి ఉపరితలాన్ని, గట్టు అంచులను ఘాతుకంగా కోసి, కూలదోసి వెడల్పయిన పెద్ద నదులుగా ఏర్పడతాయి. ఈ వరదల వల్ల నేలలలో రిపారియన్ క్రమక్షయం తీవ్రంగా ఏర్పడుతుంది.

మృత్తిక-ముఖ్యమైన సంరక్షణ పద్ధతులు (Chief methods of Conservation of Soil)

నవంబర్ 9, 1982న ఐక్యరాజ్య సమితి మహాసభలో పలువక్తలు, ప్రతినిధులు పాల్గొని ప్రకృతికి ప్రపంచ చార్టర్ మృత్తిక సంరక్షణను ప్రతిపాదించి, నేలల ఉత్పాదకతను సంరక్షించడం, వాటి దీర్ఘ కాలిక సారవంతతను అభివృద్ధి చేయడం, కర్బన రచన ప్రక్రియను సంరక్షించడం, నేల క్రమక్షయాన్ని, ఇతర రూపాల విచ్ఛిన్నాన్ని నివారించే పద్ధతులను కూలంకుషంగా చర్చించారు. యునైటెడ్‌నేషన్స్ ఎడ్యుకేషనల్ సైంటిఫిక్ అండ్ కల్చరల్ ఆర్గనైజేషన్ (UNESCO) వారు యునైటెడ్ నేషన్స్ ఎన్విరాన్‌మెంట్ ప్రోగ్రామ్ (UNEP) కింద నేలల ఉత్పాదకతను సంరక్షించడానికి ఒక ప్రపంచ మృత్తిక విధానాన్ని అభివృద్ధి చేయటానికి కొన్ని ముఖ్య పద్ధతులను వివరించారు. అవి -

1. అవసరమైన వరకే దున్నడం
2. మిద్దె ఏర్పాటు చేయడం
3. కాంటూర్ దున్నడం
4. చీలికలలో పంటలు వేయడం
5. అదుపుగా మేపడం
6. ఆనకట్టలు నిర్మించడం
7. అడవులు పెంచడం
8. షెల్టర్ బెల్ట్‌లను అభివృద్ధి చేయడం

1. అవసరం మేరకు దున్నడం

విత్తనాలు తొందరగా మొలకెత్తడానికి, పంట సంతృప్తికరంగా పెరగడానికి అవసరమైనంత మేరకే భూమిని దున్నాలి. దీని ద్వారా నేలలోకి నీరు సులువుగా దిగుతుంది.

2. మిద్దె ఏర్పాటు చేయడం

పర్వతాలు, కొండలు, గుట్టలు, ఎత్తుపల్లాలు గల ప్రదేశాలలో పొడవైన వాలు మీద వెడల్పైన సమతలమైన ప్రాంతాలను గట్లు వేసి తయారు చేస్తారు. ఈ విధంగా తయారు చేసిన సమతలప్రాంతాలనే మిద్దెలని అంటారు. వాలు వెంబడి కిందికి పోతున్న వర్షపు నీటిని మిద్దెలనే చదును ప్రదేశాలకు మళ్ళించి పంటలను పండిస్తారు. మిద్దె ఏర్పాటు వల్ల వాలు ప్రాంతాలు క్రమక్షయాన్ని తట్టుకొనగలుగుతాయి.

3. కాంటూర్ దున్నడం

కొండలపైన, గట్లపైన వాలుకు అడ్డంగా దున్నడాన్ని కాంటూర్ దున్నడం అంటారు. దీని వల్ల వర్షపు నీరు నాగటి చాళ్లల్లోనే ఇంకిపోయి వాలు క్రమక్షయాన్ని తగ్గిస్తుంది.

4. చీలికలలో పంటలు వేయడం

కాంటూర్ దున్నడం ద్వారా క్రమక్షయం చాలా వరకు తగ్గినప్పటికీ అక్కడక్కడ ఎక్కువైన నీరు చీలికలను ఏర్పరచి ప్రవహిస్తుంది. ఇటువంటి కాంటూర్ వాలు చీలికలలో గడ్డి విత్తనాలు లేదా లెగ్యూమ్ విత్తనాలు వేసి పంట పండిస్తారు. ఈ పంటల వల్ల నీటి ప్రవాహవేగం తగ్గి నేల క్రమక్షయానికి పాల్పడదు

5. అదుపుగా మేయడం

పశుగణాలు అధికమైనపుడు అవి పచ్చిక మైదానాలను మేసి నేలను బోడి నేలగా చేస్తాయి. ఈ నేల నీటిని గ్రహించదు. ఈదురు గాలుల వల్ల, వర్షాల వల్ల ఈ నేల సులువుగా క్రమక్షయం చెందుతుంది. ఈ నేలలపై గడ్డి విత్తనాలను చల్లి గడ్డి కంచెలను అభివృద్ధి చేసి పశుగణాలను అంచెలవారీగా క్రమపద్ధతిలో మేపినట్లైతే నేలల క్రమక్షయాన్ని తగ్గించవచ్చు.

6. ఆనకట్టలు నిర్మించడం

వర్షాకాలంలో భారీ వర్షాల వల్ల నదులు వరదల తాకిడికి గురవుతాయి. ఈ వరదలు మైదానాల మీది వృక్షసంపదకు, నేలలకు విపరీతమైన హానిని కల్గిస్తాయి. ఇటువంటి నదులపైన పెద్దపెద్ద ఆనకట్టలు నిర్మించినట్లైతే వరదలు అదుపు చేసి, వ్యర్థపు భూములు సాగు చేసి, అధికోత్పత్తిని సాధించి, నేల క్రమక్షయాన్ని తగ్గించవచ్చు.

7. అడవులు పెంచడం

నేల క్రమక్షయాన్ని నివారించడంలో అడవులను పెంచడం అత్యుత్తమమైన మార్గం. వ్యవసాయాన్ని ఉద్దేశించిన భూమి తప్ప మిగతా భూములలోనూ, గట్లపైన గడ్డిని, ఇతర వృక్షాలను అధికంగా పెంచి, రోడ్ల వెంబడి, ఖాళీ స్థలాలలో వృక్షసంపదను సంరక్షించడం ద్వారా నేలక్రమక్షయం రేటును పూర్తిగా తగ్గించవచ్చు.

8. షెల్టర్ బెల్ట్‌లు

నేల సారవంతమైన మట్టి కొట్టుకొని పోకుండా, బోడినేల, ఇసుకతిన్నెలు, ఎడారులు వ్యాపించకుండా గాలికి వాలుగా చిన్న పరిమాణం గల మొక్కలను, వ్యతిరేక దిశలో పొడవు మొక్కలను దట్టంగా, విస్తారంగా నాటడాన్ని షెల్టర్ బెల్ట్‌లు అంటారు. సరుగుడు, గోరింట, కిత్తనార, థెవీషియా, జిల్లేడు, తుమ్మ, డాల్బెర్జియా, రేగు, ప్రోసోపిస్, పార్కిన్‌సోనియా మొదలైన వృక్షాలు షెల్టర్ బెల్ట్‌లకు ఉపయుక్తంగా ఉంటాయి.

2. అడవులు - సంరక్షణ
(Forest Conservation)

అడవులు అమూల్యమైన అతి పెద్ద సహజసంపద. ప్రపంచ మృత్తికలోని మూడవవంతు భూభాగం అంటే దాదాపు 4,028 మిలియన్ హెక్టార్లు విస్తీర్ణం అడవులతో నిండి ఉంది. భారతదేశం మొత్తం భూభాగం 328.8 మిలియను హెక్టార్లు. దీనిలో 22.74% భూభాగం అంటే 74.78 మిలియన్ హెక్టార్ల విస్తీర్ణంలో అడవులున్నాయి. అయినప్పటికీ ఇది భారత జాతీయ అటవీవిధానం ప్రతిపాదించిన కనీస అటవీ భూభాగానికి 10% తక్కువగానే ఉంది. మొత్తం భారతదేశం అడవుల విస్తీర్ణతను ప్రపంచ అడవుల విస్తీర్ణంతో పోల్చినపుడు 2% మాత్రమే ఉంటుంది.

భారతదేశంలో వినయోగార్హమైన అడవుల విస్తీర్ణం 61.06 మిలియన్ హెక్టార్లు మాత్రమే. దీనిలో 1.90 మిలియన్ హెక్టార్లు కోనిఫర్ అడవులు (Coniferous forests),59.16 మిలియన్ హెక్టార్లు వివిధ

రకాల అడవులు ఆవరించి ఉంటాయి. ఈ అడవుల ఉత్పాదన శక్తి 0.61 m^3/ha విలువ ఉంటుంది. అయితే మొత్తం అటవీశాఖ పరంగా భారతదేశం దాదాపు 1.5% జాతీయ ఉత్పాదనను (GNP) పొందగలుగుతుంది.

అడవులు మానవాళికి కలప, ఇంధనం, కాగితం, ఫలాలు, తేనె, పట్టు, పత్తి, మందుమొక్కలు, పశుగణాలకు పశుగ్రాసం, వన్యప్రాణులకు ఆశ్రయం ఇచ్చి ప్రకృతికి శోభను చేకూర్చుతుంది. నేల క్రమక్షయాన్ని తగ్గించి నేలను సంరక్షించడం, వరదల ప్రమాదాన్ని తగ్గించడం, నదీ పరీవాహ ప్రాంతాలను రక్షించడం, సాగునీటి పారుదలకు, జల విద్యుత్‌శక్తికి ప్రవాహాలను క్రమబద్ధం చేయడం, కార్బన్ డయాక్సైడ్, ఆక్సిజన్ వాయువులను సమతుల్యం చేసి కాలుష్యాన్ని నివారించడం వంటి అద్భుతమైన విధులను నిర్వహిస్తుంది. అంతే కాకుండా అడవులు స్థానికంగా వివిధ కాలాల శీతోష్ణ పరిస్థితులను క్రమబద్ధం చేస్తాయి. వివిధ వృక్షాలు రకరకాల ఆకారాలు గల పత్రాలతో, వివిధ రంగుల పుష్పాలతో ప్రకృతికి వన్నె తెచ్చి మానవుని వినోద, విహారయాత్రలకు నిలయాలవుతాయి.

భారతదేశంలో అటవీశాఖ గణాంక వివరాల ద్వారా ప్రతీ సంవత్సరం సుమారు 0.15 మిలియన్ హెక్టార్ల అడవులు ఆనకట్టల నిర్మాణానికి, రోడ్లు, పరిశ్రమలు, గనుల త్రవ్వకాలకు, కొత్త పంట భూములకు వినియోగపడి, తరుగుతూందని తెలుస్తుంది. ఇంటర్నేషనల్ యూనియన్ ఫర్ కన్జర్వేషన్ ఆఫ్ నేచర్ అండ్ నేచురల్ రిసోర్సెస్ (IUCN) వారు వెల్లడించిన నివేదిక ప్రకారం గత 80 సంవత్సరాలలో భారతదేశం దాదాపు 2.5 మిలియన్ హెక్టార్ల మాంగ్రూవ్ అడవులను (Mangrove forests) పోగొట్టుకున్నట్లు తెలుస్తుంది. పశుగణాలు మేయడం, పరిశ్రమలు, పట్టణాలు స్థాపించ బడడం వంటి కృత్యాల వల్ల విచక్షణా రహితంగా అడవులు కొల్లగొట్టబడుతున్నాయి. ఈ విధమైన అడవుల తరుగుదల మూలంగా రానున్న 20 సంవత్సరాల తర్వాత పూర్తి అడవులు నిర్మూలనం కాగలవని అంచనా.

భారతదేశంలోని అటవీ పరిశోధనా సంస్థ, డెహ్రాడూన్ వారు నాణ్యత గల కర్రను ఉత్పత్తి చేయడానికి, కోనిఫర్, టేకు, యూకలిప్టస్ లాంటి త్వరగా పెరిగే మొక్కలను అభివృద్ధి చేయడానిక అనేక పరిశోధనలు జరుపుతున్నారు. పనికిరాని వ్యర్థపు భూములలో సరుగుడు, అకేషియా, సిసాల్పినియా, పోంగామియా, సిట్రడోరా లాంటి త్వరగా పెరిగే మొక్కలను పెంచటానికి తగిన పరిశోధనలు జరుగుతున్నాయి. వ్యవసాయ భూములలో కూడా పంట మొక్కలతో పాటు ఏకకాలంలో అడవులను పెంచే టాంగ్యా పద్ధతి (Taungya System) ని ప్రవేశపెడుతున్నారు.

సిల్వికల్చర్, హార్టికల్చర్ (Silviculture and Horticulture)

ప్రజనన పద్ధతుల ద్వారా, కణజాలవర్ధనం ద్వారా, ఇతర అధునాతన సాంకేతిక పద్ధతుల ద్వారా నాణ్యత గల మొక్కలను సృష్టించి అడవులను అభివృద్ధి పరచడాన్ని 'సిల్వికల్చర్' అంటారు. వివిధ ఫలవృక్షాలను, పలురకాల పుష్పజాతుల వృక్షాలను నూతన వైజ్ఞానిక, సాంకేతిక పద్ధతుల ద్వారా అభివృద్ధి చేసి తోటలను, ఉద్యానవనాలను పెంపొందించే కృషిని 'హార్టికల్చర్' అంటారు. ఆవరణశాస్త్ర విజ్ఞానంతో జయప్రదమైన అడవుల అభివృద్ధి, నిర్వహణల్లో సిల్వికల్చర్, హార్టికల్చర్ కార్యక్రమాలు సత్ఫలితాల నిస్తాయనటంలో సందేహం లేదు.

3. ఖనిజాలు - సంరక్షణ
(Minerals and their Conservation)

పారిశ్రామిక, సాంకేతిక, సాంస్కృతిక అభివృద్ధికోసం మానవుడు ఖనిజసంపదపై పూర్తిగా ఆధారపడి ఉన్నాడు. ఖనిజ పరంపర భూగర్భంలోనూ సముద్ర గర్భంలోనూ సహజంగా అంతర్గతమై ఉంది. ఖనిజాలలో ఇనుము, అల్యూమినియమ్, రాగి, వెండి, బంగారం, ప్లాటినమ్, వెనేడియమ్, టంగ్‌స్టన్, మాలిబ్డినమ్ వంటి అనేక లోహాలు; యురేనియమ్, రేడియమ్, థోరియమ్ వంటి అపురూప మూలకాలు అతి ముఖ్యమైనవి. ఇవే కాకుండా ఇసుక, గులకరాళ్ళు, కంకర, సిమెంటు, సున్నపురాయి, నాపరాయి, బంకమన్ను, ఉప్పు, వజ్రాలు, బొగ్గు, పెట్రోలియం తత్సంబంధిత చమురు ఉత్పత్తులు, సహజవాయువులు మొదలైనవన్నీ కూడా ఖనిజసంపదే.

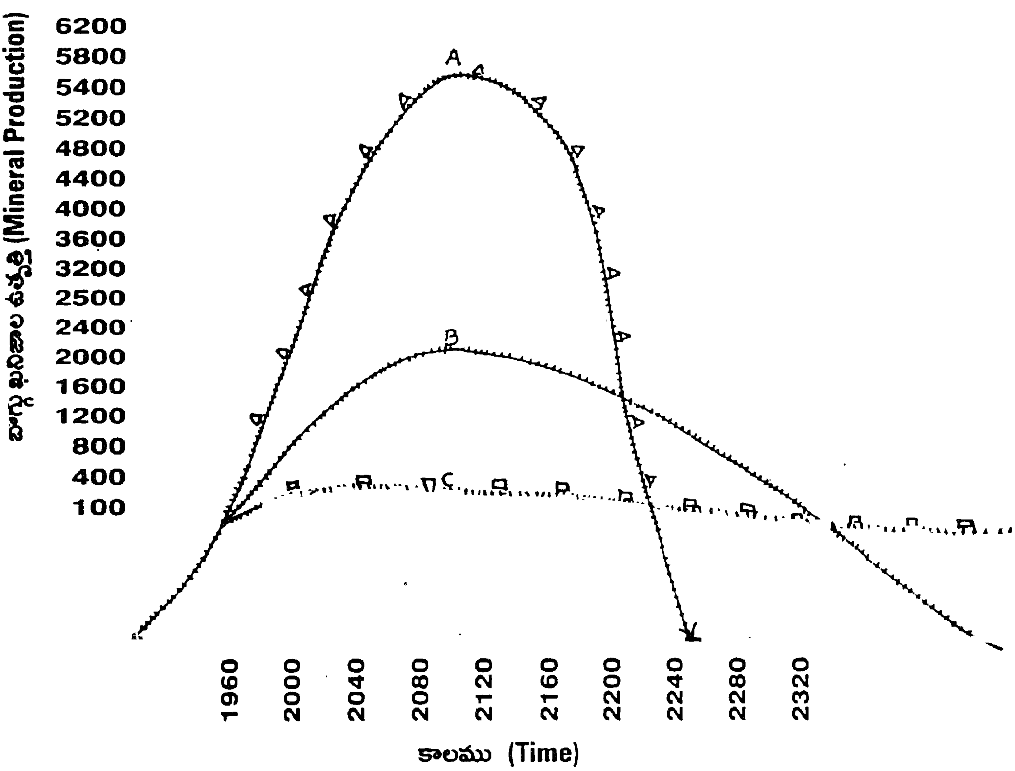
ఖనిజాలు భూగర్భంలోగాని, సముద్ర గర్భంలో కాని ప్రపంచమంతటా ఒకే విధంగా వ్యాపించిలేవు. ఉత్తర అమెరికాలో మాలిబ్డినమ్ ఖనిజాలు కోకొల్లలు. ఆసియా ఖండంలో టిన్, టంగ్‌స్టన్, మాంగనీసు లాంటి ఖనిజ నిక్షేపాలు సమృద్ధిగా ఉన్నాయి. ప్రపంచ నికెల్ ఖనిజ నిక్షేపాలలో సగభాగానికి పైగానే క్యూబా, న్యూక్యాలడోనియా దేశాలలో ఇమిడి ఉన్నాయి. ప్రపంచంలోని అత్యధిక వజ్రాల నిధులు జైర్ (Zaire) దేశంలో ఉన్నాయి. ఇది వరకే పారిశ్రామికాభివృద్ధి సాధించిన U.K. మరియు U.S.A లో కూడా ఖనిజనిక్షేపాలు చాలినన్ని ఉన్నప్పటికిని, అంచనాలను మించి వినియోగించడం వల్ల ఖనిజ నిక్షేపాలు కరువైనాయి. అందువల్ల ఆ దేశాలు అప్పుడే ఖనిజ నిక్షేపాల దిగుమతుల పై ఆధారపడి బతుకవలసిన స్థితికి దిగజారాయి.

ప్రపంచంలోని పెట్రోలియం నిధులు అధికంగా సౌదీ అరేబియా దేశంలోనే ఉన్నాయి. భూగర్భంలోని పెట్రోలియం నిధులు 1,250 బిలియన్ బారెల్స్ మాత్రమేనని అంచనా. అయితే 1960 సంవత్సరం నాటికే 100 బిలియన్ బారెల్స్ పెట్రోలియం ఉత్పత్తులు హరించిపోయినట్లు ఆయిల్ అండ్ నేచురల్ గ్యాస్ కమీషన్ (ONGC) వారి సర్వేలో వెల్లడయ్యింది. బొగ్గు నిధులు ప్రపంచం మొత్తంలో 6,000 బిలియన్ టన్నులు మాత్రమే ఉన్నట్లుగా అంచనా ఉంది. అయితే 1960 సంవత్సరం వరకే దాదాపు 100 బిలియన్ టన్నులబొగ్గు నిలువలు వివిధ రకాలుగా వినియోగపడి హరించబడ్డాయి. ఇదే రేటున బొగ్గు వినియోగం కొనసాగితే మిగిలిన బొగ్గు నిక్షేపాలు దాదాపు 300 సంవత్సరాలు రాగలవని ఒక సర్వేలో వెల్లడైంది. ప్రపంచ బొగ్గు, ఖనిజ నిక్షేపాలు ఉత్తరార్ధగోళం అంటే ఆసియా, U.S.S.R లో 95%, ఉత్తర అమెరికాలో 80%, యూరపుఖండంలో 13%, ఆఫ్రికా ఖండంలో 4%, ఆస్ట్రేలియా ఖండంలో 1%, దక్షిణ అమెరికాలో 1% కంటే తక్కువగా ఉన్నట్లు అంచనా వేశారు.

భారత ఉపఖండంలో తగినంత ఖనిజసంపద భూగర్భంలోనూ సముద్ర గర్భంలోనూ వ్యాపించి ఉంది. మాంగనీసు 19%, ఇనుము 12%, నికెలు 10%, కోబాల్ట్ 7.1%, రాగి 4%, ఇతర లోహాలు 5% ఉన్నట్లు జియాలాజికల్ సర్వే ఆఫ్ ఇండియా వారు తెలియజేశారు. నేషనల్ ఇన్‌స్టిట్యూట్ ఆఫ్ ఓషనోగ్రఫీ, ఇండియా (NIOI) వారు ఇల్మనైట్ (ilmenite), మోనజైట్ (monazite), కాల్షియమ్ సంబంధ ఇసుక

ఖనిజాల ఉత్పత్తి బిలియన్ టన్నులలో

కాలం సంవత్సరాలలో



పటం 4.1 బొగ్గు ఖనిజాల తరుగుదల వక్రరేఖ (Cloud, 1969)

(calcarious sands) రేణువులు మొదలైన నిక్షేపాలు మహారాష్ట్ర, కేరళ, తమిళనాడు, ఆంధ్రప్రదేశ్, ఒరిస్సా వంటి రాష్ట్రాల సముద్ర తీరాలలో అధికంగా ఉన్నట్లు కనుక్కొన్నారు. ఇల్మనైట్ ఖనిజం టిటానియమ్ తయారీలోనూ, రంగుల పరిశ్రమలలోనూ కూడా ఉపయోగపడుతుంది. మోనజైట్ ఖనిజం థోరియమ్ తయారీలో ఉపయోగపడుతుంది. కాల్షియమ్ కార్బోనేటు నిధులు కేరళలోని వెంబనాధ్ సరస్సు, గల్ఫ్ ఆఫ్ కచ్, గల్ఫ్ ఆఫ్ మన్నార్, అండమాన్-నికోబార్ మొదలైన సముద్ర తీర ప్రాంతాలలో ఎక్కువగా ఉన్నాయి.

ఖనిజ వనరుల సంరక్షణ చర్యలు (Conservation of mineral resources)

మానవుడు 1969-70 సంవత్సరం వరకు ఖనిజసంపద, దాని సంరక్షణ గురించి అంతగా ఆలోచించలేదు. కాని ప్రస్తుత కాలంలో ఖనిజాల విపరీత తరుగుదల దృష్ట్యా శాస్త్రవేత్తలు ఖనిజవనరుల సంరక్షణ చర్యలను గురించి ఆలోచిస్తున్నారు. జింక్, టిన్, సీసం, రాగి, యురేనియమ్-235 మొదలైన కీలకమైన లోహాలు ఇంకా 20 సంవత్సరాల నాటికి పూర్తిగా తరిగిపోయే అవకాశాలున్నాయని క్లౌడ్ **(Cloud - 1969)** ఒక సర్వేలో వెల్లడించాడు. కాబట్టి ప్రతి ఖనిజాన్ని ముందుచూపుతో కాపాడుకోకుండా విచ్చలవిడిగా, విచక్షణా రహితంగా వినియోగించినట్లైతే పటం 4.1 లోని గ్రాఫులో చూపించిన ఖనిజాల తరుగుదల వక్రరేఖ -A సూచించినట్లు ఖనిజాలు అతి తక్కువ కాలంలో తరిగిపోయి ముందుతరాలకు పూర్తిగా కరువైపోతాయి. ప్రత్యేక అవసరాల నిమిత్తం ఖనిజాలను తక్కువ మోతాదులలో వాడినట్లైతే గ్రాఫులో చూపించిన ఖనిజాల తరుగుదల వక్రరేఖ -B (Depletion curve of mineral resources) సూచించినట్లు, ఖనిజాలను కొంత ఎక్కువ కాలం రక్షించుకోగలము. కచ్చితమైన యాజమాన్య పద్ధతుల ద్వారా, సమర్ధవంతమైన నిర్వాహణ చర్యల ద్వారా ఖనిజాల ఉప-ఉత్పత్తులను తిరిగి అనేకసార్లు వినియోగించుకోవడం వల్ల గ్రాఫులో చూపించిన ఖనిజాల తరుగుదల వక్రరేఖ -C సూచించినట్లు ఖనిజాలను అనేక సంవత్సరాల పాటు సంరక్షించుకోగలము.

డెమోగ్రాఫిక్ కోషెంట్ (Demographic Quotient = Q)

సాంకేతికపరమైన విధానాల ద్వారా, నిరుపయోగమైన ఖనిజ సంబంధ వ్యర్థపదార్థాలను (Scrap & Waste) తిరిగి-తిరిగి వినియోగించడం ద్వారా, ఖనిజవనరులకు ప్రత్యామ్నాయంగా ఇతర శక్తి వనరులను ఉపయోగించుకోవడం ద్వారానూ ఖనిజ సంపదను పెంపొందించవచ్చు. క్లౌడ్ ఖనిజవనరుల మదింపు చర్య (Assesment) గురించి సూత్రప్రాయంగా డెమోగ్రాఫిక్ కోషెంట్ 'Q' ను ప్రతిపాదించాడు.

$$Q = \frac{\text{మొత్తం ఖనిజవనరుల నిల్వలు (Total resources available)}}{\text{జనసాంద్రత (Population density)} \times \text{తలసరి వినియోగం (Per capita consumption)}}$$

'Q' విలువ, ఖనిజ నిలువలు రెండూ తగ్గినపుడు ఆధునిక జీవి నాణ్యత విలువ కూడా తగ్గిపోతుంది. 'Q' విలువ పెచ్చినపుడు, ఖనిజవనరులను సంరక్షించినపుడు ఆధునిక జీవి నాణ్యత విలువలకు మెరుగులు దిద్దవచ్చు.

4. వన్యప్రాణులు - సంరక్షణ
(Wild life Conservation)

వన్యప్రాణి సంరక్షణ భారతీయులకు అనాదిగా వస్తున్న సాంప్రదాయం. జంతువులు, వృక్షాలను గురించి వేదాలు ఘోషిస్తున్నాయి. సనాతన ధర్మంలో దేవతలకు ఒక్కొక్కరికి ఒకటి లేదా ఎక్కువ జంతువులను వాహనాలుగా ఉండేటట్లు సదాచారాన్ని కల్పించారు. ఉదాహరణకు విష్ణుదేవునికి ఆదిశేషుడు పాన్పుగాను, గరుత్మంతుడు వాహనంగాను ఉంటాయి. శంకరుని మెడలో సర్పం ఉంటుంది, నంది ఆయన వాహనంగా ఉంటుంది. సరస్వతీదేవికి హంస వాహనంగా ఉంటుంది. కాళికాదేవి వాహనం పెద్దపులి, గణేశ్వరుని వాహనం ఎలుక, కుమారస్వామి వాహనం నెమలిగా ఉన్నాయి. ఈ విధంగా పై ఉదాహరణలను బట్టి చూసినపుడు వన్యప్రాణుల ప్రాశస్త్యం బహుళంగా తెలుస్తోంది. రామాయణ, మహాభారతాలలో కూడా ఋషులు ఆవులను, జింకలను, పక్షులను, లతలను, తీగలను వారివారి ఆశ్రమాలలో పెంచి సంరక్షించినట్లు దాఖలాలున్నాయి. చాణుక్యుని అర్థశాస్త్రంలో హరిణాలు (deers), అడవిగేదె (bison), పక్షులు, చేపలను చంపిన వారికి లేదా వేటాడిన వారికి కఠినమైన శిక్షలు, జరిమానాలు విధించటానికి మార్గదర్శక సూత్రాలు క్రోడీకరించబడ్డాయి. బౌద్ధ, జైన మతాలు అహింసను ప్రధానసూత్రంగా ప్రబోధించాయి. క్రీ.పూ. 300 సంవత్సరాల క్రితం అశోకుని ఐదవ స్థంభంపైన చెక్కించిన ధర్మశాసనాలలో వన్యప్రాణి సంరక్షణార్థం వేటను పూర్తిగా బహిష్కరించారు. మొగలు చక్రవర్తులు కూడా 'షికార్ గహ' (Shikar Gaha) అనే కొన్ని వేట మినహాయింపులను తప్ప వన్యప్రాణి సంరక్షణ కోసం ప్రత్యేక శ్రద్ధను కనబరచారు.

భారత ఉపఖండంలో పలురకాలైన ప్రత్యేక భౌగోళిక పరిసరాలు, రకరకాల జీవరాశులు నెలకొని ఉన్నాయి. ఈ దేశంలో సుమారు 15,000 జాతుల మొక్కలు, 75,000 జాతుల జంతువులున్నాయి. అయితే మానవునికి వినియోగపడే జంతువులను, వృక్షాలను మానవుడు సహజంగానే పెంచి పోషించుకోవడం జరుగుతుంది. మానవుడు ఆర్థిక, సాంఘిక, సాంస్కృతిక అభివృద్ధి సాధించినప్పటికీ సాధు జంతువులతో సమానమైన ఆర్థిక విలువలు గల వన్యప్రాణులను గుర్తించ లేకపోయాడు. తోళ్ళు, కొమ్ములు, ఎముకలు, కస్తూరి, దంతాలు, ఈకలు, మాంసం మొదలైన స్వల్ప ప్రయోజనాల కోసం నిర్దాక్షిణ్యంగా వన్యప్రాణులను వేటాడి నశింపచేస్తున్నాడు. అదే పనిగా అడవులను కూడా నరికి వేస్తున్నాడు. అడవులు నశించడం వల్ల వర్షాలు కురియక సరియైన వాతావరణానుకూలత (adaptability) లేకపోవడం వల్ల అత్యంత విలువైన వన్యప్రాణులు ప్రమాదస్థితిలో ఉన్నాయి. భారత ప్రభుత్వం ప్రమాదస్థితిలో నున్న వన్యప్రాణుల సమగ్ర జాబితాలను తయారుచేసి వాటి సమగ్ర సంరక్షణ కోసం 1972 వ సంవత్సరంలో వన్యప్రాణుల సంరక్షణ చట్టాన్ని రూపొందించింది. ఈ చట్టంలోని పట్టిక-1లో 70 క్షీరదాలు, 41 పక్షులు, 22 సరీసృపాలు, ఉభయజీవులు ప్రమాదకరమైన స్థితిలో ఉన్నట్లు గుర్తించారు. అట్టి ప్రమాదస్థితిలో నున్న జంతువులలో లయన్ తోక గల మకాక్ తోడేలు, నక్క, అడవికుక్క, పులి, సింహం, చిరుతపులి, ఏనుగు, గాడిద, మొదలైనవి ముఖ్యమైనవి. చీటా, పింక్-హెడెడ్ బాతు, జెర్డాన్, కర్సర్ వంటి అమూల్యమైన జంతువులు ఇప్పటికే భారతదేశం నుండి అదృశ్యమయ్యాయి. భారతీయ సింహం ప్రస్తుతం గుజరాత్‌లోని శుష్కపొదలు గల గిర్ అడవులలో ఒక మారుమూల ప్రదేశానికి పరిమితమైంది. భారతీయ గాడిద, రాన్ ఆఫ్ కచ్

మరియు భారతీయ రైనోసిరాస్ వంటి జంతువులు అస్సాం, పశ్చిమ బెంగాల్, హిమాలయాలలోని 'తరాయ్' ప్రాంతానికి పరిమితమయ్యాయి. పులి, 1973లో ప్రపంచ వన్యప్రాణి 'పులినిధి' ప్రాజెక్టు క్రింద ఏర్పడిన పులి రిజర్వులకు మాత్రమే పరిమితమైంది.

ప్రపంచంలో ఇంటర్నేషనల్ యూనియన్ ఫర్ కన్జర్వేషన్ ఆఫ్ నేచర్ అండ్ నేచురల్ రిసోర్సెస్ వారు (IUCN) 'ది సర్వైవల్ సర్వీస్ కమీషన్ (TSSC) ద్వారా ఎర్రడేటా పుస్తకంలో (Red data book) 277 క్షీరదాలు, 321 పక్షిజాతులు, 1966 నాటికే నశించనున్నట్లు తెలపడం జరిగింది. 2000 సం॥ ల నాటికి ప్రపంచంలో ఇంకా 160 క్షీరదాలు, 88 పక్షిజాతులు నశించనున్నాయని అంచనా. అయితే ప్రమాదస్థితిలో నున్న జంతువులతో పోలిస్తే మొక్కల పట్ల అంత శ్రద్ధ ఎవరూ కనబరచడం లేదు. IUCN వారు జరిపిన సర్వేలో ప్రపంచంలోని పుష్పించే మొక్కలలో షుమారు 10% అరుదైనవని తేలింది. బొటానికల్ సర్వే ఆఫ్ ఇండియా (BSI) ప్రచురించిన "స్టేట్ ఆఫ్ ది ఆర్ట్" నివేదికలో 134 జాతుల మొక్కలు ప్రమాదస్థితిలో నున్నట్లు పేర్కొంది. అదృశ్యమవుతున్న మొక్కలతో పాటు, వాటితో సహవాసం చేసే ఇతర మొక్కలు, కీటకాలు, కొన్ని జంతువులు కూడా నశించిపోయే అవకాశాలున్నట్లు మిస్సోరి బొటానికల్ గార్డెన్ (USA) డైరెక్టర్ అయిన పీటర్ హెచ్. రావెన్ సూచించారు.

మార్చి 1980 సంవత్సరంలో కొత్త ఢిల్లీలో ప్రపంచ వన్యప్రాణి సంరక్షణ వ్యూహాన్ని ప్రారంభిస్తూ మన దేశానికున్న పుష్కలమైన వన్యప్రాణి వారసత్వం గురించి మన మాజీ ప్రధానమంత్రి శ్రీమతి ఇందిరా గాంధీగారు నొక్కి వక్కాణించారు. భారత వన్యప్రాణి సంరక్షణ చట్టాలను సమగ్రంగా రూపొందించి వాటి సంరక్షణ కోసం కావలసిన జీవావరణ రిజర్వులు ఏర్పాటు చేయాలని సిఫారసులు చేశారు. మొక్కలు, జంతువులు విలుప్తమయ్యే పరిసరాలు మానవునికి సైతం మంచివికావని, అన్ని జీవరూపాలు (మానవులు, జంతువులు, వృక్షాలు) పరస్పర సంబంధాలు కలిగి ఉండాలని, ఏవైనా కొన్ని జాతులు నశించినపుడు మిగిలిన జీవులు సంక్షోభంలో పడతాయని పలువురు పర్యావరణ శాస్త్రవేత్తలు ప్రవచించారు.

వన్యప్రాణులు నశించడానికి కారణాలు :

వన్యప్రాణులు నశించడానికి కారణాలు అనేకంగా ఉన్నప్పటికీ కొన్ని ముఖ్యమైన కారణాలను ఇక్కడ చర్చించాము. అవి -

1. వన్యప్రాణులకు తగిన గృహావసతులు లేక పోవడం.
2. వాయుకాలుష్యం, నీటికాలుష్యం, ధ్వనికాలుష్యం, ఉష్ణకాలుష్యం మొదలైన పర్యావరణ కాలుష్యాలు మితిమీరిపోవడం.
3. వరదలు (floods), వర్షాభావం (drought), అధికవృష్టి, అనావృష్టి, అగ్ని ప్రమాదాలు, వివిధ ప్రాంతీయ వ్యాధులు సంక్రమించడం వంటి సహజ విపత్తులు ఏర్పడడం.
4. మాంసం, చర్మం, ఈకలు, వెంట్రుకలు మొదలైన వాటి కోసం వేటాడటం.
5. అడవుల తరుగుదల, పట్టణాల అభివృద్ధి, రోడ్లు, రైల్వే మార్గాలు, ఆనకట్టల నిర్మాణం, పారిశ్రామీకరణ, వ్యవసాయం మొదలైన మానవ కార్యకలాపాలు.
6. జింక, అడవి గేదె, ఖడ్గ మృగం, ఏనుగు, పులి వంటిజంతువులలో ప్రత్యుత్పత్తి ప్రతిభ తగ్గిపోవడం.

వన్యప్రాణి సంరక్షణ - ఆవశ్యకత :

కొన్ని వృక్ష, జంతుజాతులు అంతరించి పోవటం వల్ల వాటితో సన్నిహిత సంబంధం గల, పరస్పర సంబంధం గల జీవులు తీరని సంక్షోభంలో పడి అస్థిరత్వానికీ, అనారోగ్యానికీ గురవుతాయి. సరైన వన్యప్రాణి సంరక్షణ లేకపోతే సహజ వనరుల సమతుల్యం చెడిపోతుంది. సరియైన వన్యప్రాణుల లేమి వల్ల విదేశీమారక ద్రవ్యం కొరవడి వాణిజ్య పరంగా దెబ్బతినే అవకాశాలుండవచ్చు. పర్యాటక అభివృద్ధి శాఖ విస్తరించలేదు. పర్యావరణ శాస్త్రవేత్తలు రూపొందించుకొన్న పరిశోధనా ప్రణాళికలు కుంటుబడిపోతాయి. ఆటలు, వినోద కాలక్షేపాలు, మతం, సంస్కారం, నాగరికత, కళలు మొదలైన విషయాలపై పరోక్షంగా ప్రభావం ఉంటుంది.

కాబట్టి, వన్యప్రాణి సంరక్షణ జీవావరణానికి అత్యవసరమని తెలుస్తుంది. వన్యప్రాణి సంరక్షణ కోసం తన వంతు కృషిని మానవుడు తూ.చ. తప్పకుండ చేపట్టాలి. లేకపోతే మానవుని మనుగడకే అపాయం సంభవించే ప్రమాదం ఉంది.

వన్యప్రాణి సంరక్షణా పద్ధతులు :

వన్యప్రాణి సంరక్షణకు ముఖ్యంగా రెండు పద్ధతులున్నాయి.

1. చట్టపరమైన రక్షణ (Protection by Law)
2. శరణాలయాల ద్వారా రక్షణ (Establishment of Sanctuaries and National Parks)

1. చట్టపరమైన వన్యప్రాణి సంరక్షణ

వివిధ కారణాల వల్ల వన్యప్రాణులు నశించిపోతున్నందున, వివిధ ప్రభుత్వాలు వన్యప్రాణి సంరక్షణ కోసం చట్టపరమైన చర్యలు తీసుకుంటున్నాయి. చట్ట వ్యతిరేక చర్యలకు పాల్పడిన వారికి కఠిన కారాగార శిక్షలు, పెద్దమొత్తాలలో జరిమానాలు కూడా విధించబడుతాయి. కొన్ని వన్యప్రాణి సంరక్షణ చట్టాలు

1. మద్రాసు అడవి ఏనుగుల భద్రతాచట్టం, 1873.
2. భారతదేశ ఏనుగుల భద్రతా చట్టం, 1879.
3. అడవి పక్షుల, జంతువుల పరిరక్షణ చట్టం, 1912.
4. బెంగాల్ ఖడ్గమృగ భద్రతా చట్టం, 1932.
5. అస్సాం ఖడ్గమృగ భద్రతా చట్టం, 1954.
6. భారతదేశ వన్యప్రాణి పరిరక్షణ చట్టం, 1972.

2. వన్యమృగ సంరక్షణ కేంద్రాలు, జాతీయపార్కుల ద్వారా వన్యప్రాణి సంరక్షణ

వన్యప్రాణి సంరక్షణార్ధం 1952 సంవత్సరంలో భారత వన్యప్రాణి సంస్థను (Indian board of Wild Life) నెలకొల్పారు. 1971 సంవత్సరంలో UNESCO వారి 'మనిషి - జీవావరణ ప్రణాళిక' (Man and biosphere programme = MAB) క్రింద ప్రమాదస్థితిలో నున్న వన్యప్రాణుల సంరక్షణ కోసం సాంప్రదాయమైన సంరక్షణ కేంద్రాలు, జాతీయపార్కులు అంతర్జాతీయంగా నెలకొల్పారు. ఇటువంటి అనేక జంతు, వృక్ష ఉద్యానవనాలు, జాతీయపార్కులు, జీవావరణ (బయోస్ఫియర్) రిజర్వులు ప్రపంచ

వ్యాప్తంగా వెలిశాయి. ఇవి ప్రమాద స్థితిలో ఉన్న వన్యప్రాణులను నిర్బంధంగా సంరక్షించడానికి తోడ్పడతాయి. 1973 వ సంవత్సరంలో UNESCO వారి MAB కార్యక్రమాల కింద సుమారు 40 దేశాలలో 221 జీవావరణ రిజర్వులు నెలకొల్పబడ్డాయి. భారతదేశంలో అటువంటి జీవావరణ రిజర్వులు, తత్సంబంధమైన ప్రదేశాలకు 7 ప్రాంతాలను ఎంపిక చేశారు. అవి -

1. కర్ణాటక-కేరళ కూటమిలో నీలగిరి
2. మేఘాలయలో తూరాసిట్రస్
3. అరుణాచల్ ప్రదేశ్‌లో నాందఫ పుష్పాల లోయ
4. తమిళనాడు తీరంలో గల్ఫ్ ఆఫ్ మన్నార్
5. ఉత్తరప్రదేశ్‌లో తుంగనాథ్, రుద్రనాథ్
6. ఉత్తరప్రదేశ్ పశ్చిమ ప్రాంతంలో నందాదేవి
7. అండమాన్ - నికోబార్ దీవులు

తర్వాత క్రమక్రమంగా అనేక చోట్ల జీవావరణ రిజర్వులు, జాతీయపార్కులు నెలకొల్పబడ్డాయి. 1988 నాటి వరకు భారతదేశంలో 205 జాతీయ వన్యమృగ సంరక్షణ కేంద్రాలు, 55 జాతీయ పార్కులు, (National Parks), 32 సురక్షిత ప్రదేశాల (Protected areas) వంటి జీవావరణ రిజర్వులు 3.40 కోట్ల రూపాయలతో స్థాపించబడ్డాయి. ఆంధ్రప్రదేశ్ రాష్ట్రంలో ఇప్పటివరకు 29 వన్యప్రాణి శరణాలయాలు (Wild Life sanctuaries) నెలకొల్పబడ్డాయి.

కొన్ని ముఖ్యమైన వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రాలు, జాతీయ పార్కులు :

వీటిని గురించి రాష్ట్రాల వారీగా దిగువన చర్చించాము.

I. ఆంధ్రప్రదేశ్ (Andhra Pradesh) :

1. పాకాల వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Pakhal Wild Life Sanctuary)

ఇది వరంగల్లు జిల్లాలో నెలకొల్పబడింది. దీని విస్తీర్ణం 54,400 హెక్టార్లు. దీనిలో పులి (Tiger), చిరుతపులి (Panther), సివంగి (Hyaena), నక్క (Fox), అడవిపిల్లి (Jungle cat), పక్షులు మొదలైన వన్యప్రాణులు రక్షించబడుతున్నాయి.

2. పోచారం వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Pocharam Wild Life Sanctuary)

ఇది మెదక్ జిల్లాలో నెలకొల్పబడింది. దీని విస్తీర్ణం 2,950 హెక్టార్లు. దీనిలో జింకలు, దుప్పి (Horned game), నీటి పక్షులు (aquatic birds), స్పాట్‌బిల్ (spot bill) వంటి జంతువులు, పక్షులు రక్షించబడుతున్నాయి.

3. కొలమేరు పక్షుల సంరక్షణ కేంద్రం (Kolameru Bird Sanctuary)

ఇది తాడేపల్లి గూడెంలో నిర్మించబడింది. దీని విస్తీర్ణం 28.7 చ.కి.మీ. దీనిలో గూడ కొంగ, బాతు, జిలుమ, బుడుబుంగ మొదలైన నీటి పక్షులు ఉన్నాయి. ఇంకా ఇక్కడ పాలపిట్ట, గువ్వ, చాతక పక్షి, పావురం, భరద్వాజ పక్షులు అనేకం సంరక్షించబడుతున్నాయి.

4. నెహ్రూ జంతు ప్రదర్శనశాల (Nehru Zoological Park)

ఇది హైదరాబాద్‌లో ఉంది. దీనిలో పులి, చిరుతపులి, ఏనుగు, ఒంటె, ఎలుగుబంటి, తోడేలు, నక్క, నీటిగుర్రం, ఖడ్గమృగం, నిప్పుకోడి, పావురం, రామచిలుక, పిచ్చుక, చింపాంజి, ఉరంగుటాన్, కోతి, తాబేలు, మొసలి, కొండచిలువ మొదలైన వన్యప్రాణులు సంరక్షించబడుతున్నాయి.

5. కావల్ వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Kawal Wild Life Sanctuary)

ఇది ఆదిలాబాద్ జిల్లాలో ఉంది. దీని విస్తీర్ణం 89,096 చదరపు హెక్టార్లు. దీనిలో ఏదు, దుప్పి వంటి కొమ్ములు గల జంతువులు, మాంసాహార జంతువులు సంరక్షించబడుతున్నాయి.

6. కొల్లేరు సరస్సు (Kolleru Pelicanary)

పశ్చిమగోదావరి జిల్లాలోని కొల్లేరు సరస్సు ప్రకృతి సిద్ధమైన సరస్సు. దీని విస్తీర్ణం 67,340 చదరపు హెక్టార్లు. దీనిలో పెలికాన్లు, ఇతర కొంగలు, నీటి పక్షులు ఆశ్రయాన్ని పొందుతుంటాయి.

II. అరుణాచల్ ప్రదేశ్ (Arunachal Pradesh) :

1. నమీదఫా వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Namidapha Wild Life Sanctuary)

నమీదఫా వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం తిరప్ (Tirap) జిల్లాలో నెలకొల్పబడింది. దీని విస్తీర్ణం 807.82 చదరపు కి.మీ. ఉంటుంది. దీనిలో పులి, చిరుతపులి, మంచు చిరుత (Snow leopard), మబ్బు చిరుత (Clouded leopard), ఏనుగు, హరిణం, భల్లూకం, నల్లని హిమాలయ భల్లూకం (Himalayan black bear), మలబారు ఉడుత (Malabar squirrel), నక్క (Jackal), వివిధ రకాల పిల్లులు ఆశ్రయాన్ని పొందుతున్నాయి.

III. అస్సాం (Assam) :

1. కాజిరంగ జాతీయ వనం (Kaziranga National Park) :

కాజిరంగ జాతీయవనం కాజిరంగ జిల్లాలోని శివసాగర్‌లో నెలకొల్పబడింది. దీని వైశాల్యం 430 చ.కి.మీ. ఖడ్గమృగం (One horned rhinoceros), అడవిబర్రె, బురదనీటి హరిణం (Swamp deer), ఏనుగు, పులి, చిరుతపులి, అడవిభల్లూకం (wild bear), కొండచిలువ (Python), గూడకొంగ (Pelican), ఫ్లోరికన్ (Florican) వంటి నీటి పక్షులు ఈ వనంలో సంరక్షించబడుతున్నాయి.

2. మానస వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Manas Wild Life Sanctuary) :

ఇది కామరూప జిల్లాలో ఉంది. దీని వైశాల్యం 580 చ. కి.మీ. దీనిలో పొట్టి పందులు (Pigmy hog), గోల్డెన్ లాంగర్ (golden langur), అనేక రకాల పక్షులు ఆశ్రయాన్ని పొందుతున్నాయి.

3. సోనాయ్-రూప వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Sonai-Rupa Wild Life Sanctuary):

ఇది కూడా కామరూప జిల్లాలోనే నెలకొల్పబడింది. దీని విస్తీర్ణం 195 చ. కి.మీ. దీనిలో అడవి పంది (Wild boar), అడవి బర్రె, ఖడ్గమృగం, హరిణం, చిరుతపులి, అడవికుక్క (Wild dog), సోమరి భల్లూకం (Sloth bear), పులి, చిరుతపులి మొదలైన జంతువులు సంరక్షించబడుతున్నాయి.

IV. బీహార్ (Bihar) :

1. హజారిబాగ్ జాతీయ సంరక్షణ కేంద్రం (Hazaribagh National Sanctuary) :

ఇది బీహార్‌లోని హజారిబాగ్ జిల్లాలో నెలకొల్పబడింది. దీనికి 184 చ.కి.మీ. స్థలం కేటాయించబడింది. దీనిలో పులి, చిరుతపులి, సోమరి భల్లూకం, అడవికుక్క, హైనా (hyaena), బార్కింగ్ డీర్ (barking deer), నీల్‌గాయ్ (neelghai), రెస్ కుక్కలు (rhesus), అడవిపంది, ఏనుగు మొదలైన జంతువులు సంరక్షించబడుతున్నాయి.

2. బెట్లా జాతీయవనం (Betla National Park) :

ఇది పాలమావ్ (palamau) జిల్లాలో ఉంది. దీని వైశాల్యం 345 చ.కి.మీ. ఉంటుంది. దీనిలో టైగర్, చిరుతపులి, అడవిపిల్లి, చీతల్ (Chital), గవుర్ (gaur), సాంబార్ (sambar), లాంగూర్ (langur), రెస్ (rhesus) మొదలైన జంతువులు ఆశ్రయాన్ని పొందుతున్నాయి.

3. గనౌలి సంరక్షణ కేంద్రం (Ganauli Sanctuary) :

ఇది 132 చ.కి.మీ. వైశాల్యంతో బెట్టయ (Bettiah) జిల్లాలో చిరుతపులి, అడవిపంది, సోమరి భల్లూకం మొదలైన జంతువుల సంరక్షణార్థం నెలకొల్పబడింది.

V. గోవా (Goa) :

1. మోలెన్ వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Mollen Wild Life Sanctuary) :

ఇది గోవా జిల్లాలో 240 చ.కి.మీ. విస్తీర్ణంతో నెలకొల్పబడింది. దీనిలో చిరుతపులి, బార్కింగ్‌డీర్, మలబారు ఉడుత, ఎగిరే ఉడుత, అడవికోడి, కొండచిలువ (Python), నాగసర్పం (King Cobra), ఎలుక, స్కేలీ ఆంట్-ఈటర్, ముళ్ళపంది (Porcupine), లోరిస్ (Slender loris) మొదలైన జంతువులు ఆశ్రయాన్ని పొందుతున్నాయి.

2. కాట్‌గోవా వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Cotgoa Wild Life Sanctuary) :

ఇది కూడా గోవా జిల్లాలోనే 105 చ.కి.మీ. వైశాల్యంతో నెలక్పొబడింది. మోలెన్ వన్యప్రాణి శరణాలయంలో ఉన్న జంతువులన్నీ కూడా ఇందులో ఉన్నాయి.

VI. గుజరాత్ (Gujarat) :

1. గిర్ జాతీయపార్కు (Gir National Park) :

గిర్ జాతీయ పార్కు జునాగర్ (Junagarh) జిల్లాలో 140.40 చదరపు కిలోమీటర్ల వైశాల్యంతో నెలకొల్పబడింది. ఇది భారతీయ సింహాలకు ప్రసిద్ధిగాంచింది. దీనిలో భారతీయ సింహం (Indian Lion), చిరుతపులి, సివంగి, అడవిపంది, మొసలి (Crocodile), సాంబార్‌డీర్, చీతల్ (Chital), నీల్‌గాయ్ (Neelgai), చౌసింగ (Chawsinga), చింకార (Chinkara), లాంగర్ (Langur) వంటి అనేక జంతువులు ఆశ్రయం పొందుతున్నాయి.

2. గిర్ వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Gir Wild Life Sanctuary) :

ఇది 1412.13 చ.కి.మీ విస్తీర్ణం కలిగి, జునాగర్ జిల్లాలోనే స్థాపించబడింది. గిర్ జాతీయ పార్కులో ఉన్న అన్ని జంతువులు ఇందులోనూ ఉన్నాయి.

3. వెలాండర్ జాతీయపార్కు (Velander National Park) :

ఈ వనం భావ్‌నగర్ (Bhavnagar) జిల్లాలో ఉంది. దీని విస్తీర్ణం 17.83 చ.కి.మీ. దీనిలో నల్ల జింకలు (Black buck), నల్ల కుందేళ్ళు, తోడేలు (Wolf)వంటి జంతువులకు ఆశ్రయం కల్పించబడింది.

4. లిటిల్ రాన్ ఆఫ్ కచ్‌లోని అడవిగాడిదల సంరక్షణ కేంద్రం (Wild Ass Sanctuary in Little Rann of Kutch) :

ఇది సురేంద్రనగర్ జిల్లాలో నిర్మించబడింది. దీని వైశాల్యం 4840.83 చదరపు కిలోమీటర్లు. దీనిలో అడవిగాడిదలు (Wild ass), కంచరగాడిద, నీల్‌గాయ్, తోడేలు, చింకార (Chinkara) వంటి జంతువులు సంరక్షించబడుతున్నాయి.

5. నల్ సరోవర్ పక్షి సంరక్షణ కేంద్రం (Nal Sarovar Bird Sanctuary) :

ఈ పక్షి సంరక్షణ కేంద్రం ప్రత్యేకించి పక్షుల కోసం 115 చ.కి.మీ. వైశాల్యంతో అహ్మదాబాద్ జిల్లాలో స్థాపించబడింది. దీనిలో పలురకాల రామచిలుకలు, గోరువంకలు, పిచ్చుకలు, కోకిలలు, నీటి పక్షులు సంరక్షించబడుతున్నాయి.

VII. హర్యాన (Haryana) :

1. సుల్తాన్‌పూర్ సరస్సు - పక్షి సంరక్షణ కేంద్రం (Sultanpur Lake Bird Sanctuary) :

సహజసిద్ధమైన ఈ కేంద్రం గురుగావ్ (Gurugaon) జిల్లాలో ఉంది. దీని విస్తీర్ణం 28.87 చ.కి.మీ. ఉంటుంది. ఇక్కడ ఎక్కువగా వలస వచ్చిన పక్షులు (migratory birds) సంరక్షణ పొందుతున్నాయి.

VIII. హిమాచల్ ప్రదేశ్ (Himachal Pradesh) :

1. సెచు-టన్-నల్లా సంరక్షణ కేంద్రం (Sechu-tun-Nallah Sanctuary) :

ఇది 414.40 చ.కి.మీ విస్తీర్ణంతో చంబా (Chamba) జిల్లాలో నెలకొల్పబడింది. దీనిలో కస్తూరి జింకలు (musk deer), బూడిద రంగు హిమాలయ భల్లూకాలు (Himalayan brown bear), నల్లరంగు హిమాలయ భల్లూకాలు (Himalayan black bear), మంచునక్క (Snow fox), భరద్వాజ పక్షి (Martin), ధృవపు పిల్లి (Weasel), మంచుకోడి (Snow cock), చకోరపక్షి, గోరల్ (goral), సెరో (serow), ఐబెక్స్ (ibex), హిమాలయన్ తాహర్ (Himalayan Tahr), వీసల్ (Weasal), మోనల్ (monal), ట్రాగోప్యాన్ (tragopan), కోక్‌లాష్ (Koklash), కాలిజ్ (Kaliz) మొదలైన జంతువులు సంరక్షించబడుతున్నాయి.

2. గామ్‌గుల్-సియా బెలి సంరక్షణ కేంద్రం (Gamgul-Siya Behli Sanctuary) :

దీని విస్తీర్ణం 900.75 చ.కి.మీ. ఉంది. ఇది కూడా చంబా జిల్లాలోనే ఉంది. సెచు-టన్-నల్లా సంరక్షణ కేంద్రంలో గల అన్ని జంతువులు ఇందులో ఉన్నాయి.

3. కుగ్తి సంరక్షణ కేంద్రం (Kugti Sanctuary) :

దీని విస్తీర్ణం 11828.70 హెక్టార్లు. ఇది కూడా చంబా జిల్లాలోనే నిర్మించబడింది. సెచు-టన్-నల్లా సంరక్షణ కేంద్రంలో నున్న అన్ని జంతువులు ఇందులో ఉన్నాయి.

4. దరంగాటి సంరక్షణ కేంద్రం (Daranghati Sanctuary) :

దీని విస్తీర్ణం 16,740 హెక్టార్లు. ఇది కిన్నార్ (Kinnaur) జిల్లాలో స్థాపించబడింది. దీనిలో సెచు-టన్-నల్లా సంరక్షణ కేంద్రంలో గల జంతువులన్నీ ఉన్నాయి.

5. నార్గు మరియు వించ్ కామో సంరక్షణ కేంద్రం (Nargu and Winch Camo Sanctuary):

దీని వైశాల్యం 27,837 హెక్టార్లు. ఇది మండి (Mandi) జిల్లాలో ఉంది. సెచు-టన్-నల్లా సంరక్షణ కేంద్రంలోని జంతువులన్నీ ఇందులో ఉన్నాయి.

6. గోవిందు సాగర్ సంరక్షణ కేంద్రం (Gobind Sagar Sanctuary) :

ఇది దిలాస్‌పూర్ (Dilaspur) జిల్లాలో 10,034 హెక్టార్ల విస్తీర్ణంతో వివిధ రకాల జంతువుల సంరక్షణార్థం నిర్మించబడింది.

IX. జమ్మూ-కాశ్మీర్ (Jammu & Kashmir) :

1. దచిగమ్ వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Dachigam Wild Life Sanctuary) :

దీని వైశాల్యం 55 చ.కి.మీ. ఇది శ్రీనగర్ జిల్లాలో స్థాపించబడింది. దీనిలో కస్తూరి జింక, నలుపు రంగు హిమాలయ భల్లూకం, బూడిద రంగు హిమాలయ భల్లూకం, భరద్వాజ పక్షి, ఇంకా ఇతర పక్షులు సంరక్షించబడుతున్నాయి.

X. కర్ణాటక (Karnataka) :

1. బందీపూర్ జాతీయపార్కు (Bandipur National Park) :

దీని వైశాల్యం 874.20 చ.కి.మీటర్లు. ఇది మైసూరు జిల్లాలో ఉంది. దీనిలో ఏనుగు, చిరుతపులి, బార్కింగ్ జింక, అడవిపంది, పులి, సోమరిపోతు భల్లూకం (Sloth bear), అడవిపిల్లి, అడవికుక్క, గౌర్ (gaur), సాంబర్ (Sambar), ఇంకా అనేక పక్షులు రక్షించబడుతున్నాయి.

2. నాగర్‌హోల్ జాతీయపార్కు (Nagarhole National Park) :

దీని వైశాల్యం 571.5 చ.కి.మీటర్లు. ఇది కూర్గ్ (Coorg) జిల్లాలో స్థాపించబడింది. బందీపూర్ జాతీయ పార్కులోని జంతువులన్నీ కూడా ఇందులో ఉన్నాయి.

3. రంగన్‌తిట్టూ పక్షి సంరక్షణ కేంద్రం (Ranganthitto Bird Sanctuary) :

దీని విస్తీర్ణం 26.70 చ.కి.మీ. ఇది కూడా మైసూరు జిల్లాలోనే స్థాపించబడింది. దీనిలో కొంగలు (Stork), మొసలి (Crocodile), ఒపెన్‌బిల్ (Open bill), వైట్ ఐబిస్ (White ibis), లిటిల్ ఎగ్రెట్ (little egret), డార్టర్ (darter), కార్మోర్యాంట్లు (Cormorants), రివర్‌టెర్న్ (river tern), స్పూన్ బిల్ (Spoon bill) వంటి అనేక పక్షిజాతులు సంరక్షించబడుతున్నాయి.

XI. కేరళ (Kerala) :

1. పెరియార్ వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Periyar Wild Life Sanctuary) :

దీని విస్తీర్ణం 777 చ.కి.మీటర్లు. ఇది పెరియార్ పట్టణంలో స్థాపించబడింది. దీనిలో ఏనుగు, పులి, చిరుతపులి, సోమరిపోతు భల్లూకం, అడవి కుక్క, బార్కింగ్ డీర్, అడవి పంది, నీల్‌గాయ్ (neelgai), సాంబర్ (Sambar) వంటి జంతువులు సంరక్షణ పొందుతున్నాయి.

2. వైనడ్ వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Wynad Wild Life Sanctuary) :

దీని వైశాల్యం 344 చ.కి.మీటర్లు. పెరియార్ వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రంలోని జంతువులన్నీ ఇందులో ఉన్నాయి.

3. నెయ్యార్ వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Neyyar Wild Life Sanctuary) :

దీని వైశాల్యం 128 చ.కి.మీటర్లు. పెరియార్ వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రంలోని జంతువులన్నీ ఇందులో సంరక్షించబడుతున్నాయి.

XII. మధ్యప్రదేశ్ (Madhya Pradesh) :

1. కన్హా జాతీయవనం (Kanha National Park) :

దీని వైశాల్యం 446.6 చ.కి.మీటర్లు. దీనిలో పులి, చిరుతపులి, మనుబోతు (deer of hard ground), నల్లబాతు (black duck), గౌర్ (gaur), స్వాంప్ (swamp) మొదలైన జంతువులు సంరక్షించ బడుతున్నాయి.

2. శివపురి జాతీయవనం (Shivpuri National Park) :

దీని విస్తీర్ణం 155.55 చ.కి.మీటర్లు. దీనిలో పులి, చిరుతపులి, చీతల్ (chital), నీల్‌గాయ్, సాంబర్ చాసింగ (chawsingha) మొదలైన జంతువులు రక్షించబడుతున్నాయి.

3. బాంధవగర్ జాతీయవనం (Bandhavgarh National Park) :

దీని విస్తీర్ణం 267.75 చ.కి.మీ. దీనిలో పులి, చిరుతపులి, బార్కింగ్ డీర్, అడవి పంది, సోమరిపోత భల్లూకం, చింపాంజీ, నీల్‌గాయ్, చింకార (chinkara) వంటి జంతువులు రక్షణ పొందుతున్నాయి.

XIII. మహారాష్ట్ర (Maharashtra) :

1. తాడోడా జాతీయవనం (Tadoda National Park) :

ఈ వనంలో పులి, చిరుతపులి, సోమరిపోతు భల్లూకం, గౌర్, సాంబర్, చీతల్, నీల్‌గాయ్, చింకా మొదలైన జంతువుల సంరక్షణార్థం 116.5 చదరపు కిలోమీటర్ల స్థలం కేటాయించబడింది.

2. ధాక్నా-కోల్కజ్ వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Dhakna-Kolkaz Wild Life Sanctuar

దీని విస్తీర్ణం 381.5 చ.కి.మీటర్లు. దీనిలో పులి, చిరుతపులి, బార్కింగ్‌డీర్, సోమరిపోతు భల్లూక అడవి పంది, గౌర్, సాంబర్, చాసింగ్, చీతల్, ఇంకా అనేక పక్షులు సంరక్షించబడుతున్నాయి.

3. యావల్ వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Yawal Wild Life Sanctuary) :

దీని విస్తీర్ణం 177.5 చ.కి.మీటర్లు. దీనిలో అడవిపిల్లి, అడవికుక్క, టోపీ చిలుక (bonnet macaw), వదురుబోతు పక్షి (mag pie), లాంగర్ (langur), నీల్‌గాయ్ మొదలైన జంతువులు, పక్షులు సంరక్షించబడుతున్నాయి.

4. కర్నాల పక్షి సంరక్షణ కేంద్రం (Karnala Bird Sanctuary) :

దీని వైశాల్యం 4.48 చ.కి.మీటర్లు. దీనిలో వదురుబోతు పక్షి (mag pie), నిప్పుకోడి (ostrich), గూడకొంగ (pelican), పెంగ్విన్‌లు (penguin), సముద్రపు కాకి (gull), చిత్తడినేల పక్షి (grouse), డేగ (falcon), డోడో (dodo), కోకిల (cuckoo), పరుగుల పక్షి (cassowary), పాటపాడు పక్షి (canard), పావురం , వివిధ రామచిలుకలు వంటి పక్షులు, చిరుతపులి, చాసింగ్, లాంగర్ వంటి వన్యప్రాణులు సంరక్షించబడుతున్నాయి.

XIV. మణిపూర్ (Manipur) :

1. కైబుల్ వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Keibul Wild Life Sanctuary) :

దీని విస్తీర్ణం 25 చ.కి.మీ. దీనిలో బూడిదరంగు లేడి (Brown-antered deer), నీటిపక్షులు ఉన్నాయి.

XV. మేఘాలయ (Meghalaya) :

1. బాల్పాక్రమ్ వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Balpakram Wild Life Sanctuary) :

ఏనుగు, అడవిపంది, గౌర్, సాంబర్, చీతల్ వంటి అడవి మృగాల సంరక్షణార్థం 221 చ.కి.మీ. విస్తీర్ణంతో ఈ వన్యప్రాణి శరణాలయాన్ని స్థాపించటానికి ప్రతిపాదనలు రూపొందించడం జరిగింది.

XVI. మిజోరం (Mizoram) :

1. దంపా వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Dampa Wild Life Sanctuary) :

దీని విస్తీర్ణం 180 చ.కి.మీ. దీనిలో పులి, చిరుతపులి, ఏనుగు, వదురుబోతు జింక, అడవిపంది, అడవిదున్న, అడవికుక్క, నల్లరంగు హిమాలయభల్లూకం మొదలైన అడవిజంతువులు రక్షించబడుతున్నాయి.

XVII. నాగాలాండ్ (Nagaland) :

1. ఇంటంగ్‌కి వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Intangki Wild Life Sanctuary) :

దీని విస్తీర్ణం 202.02 చ.కి.మీ. దీనిలో పులి, చిరుతపులి, మబ్బుచిరుత (clouded leopard), ఏనుగు, బార్కింగ్ డీర్, గౌర్ మొదలైన ప్రాణులు ఆశ్రయం పొందుతున్నాయి.

XVIII. ఒరిస్సా (Orissa) :

1. సింప్లిపాల్ జాతీయవనం (Simplipal National Park) :

ఏనుగు, పులి, చిరుతపులి, బార్కింగ్‌డీర్, సాంబర్ వంటి అడవి ప్రాణుల సంరక్షణార్థం ఈ జాతీయ పార్కునిస్థాపించటానికి ప్రతిపాదనలు రూపొందించడం జరిగింది.

2. ఖలాసుని వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Khalasuni Wild Life Sanctuary) :

దీని విస్తీర్ణం 115 చ.కి.మీ. దీనిలో పులి, చిరుతపులి, సోమరిపోతు భల్లూకం, వదరుపోతు జింక, నీల్‌గాయ్, సాంబర్ వంటి ప్రాణులు ఆశ్రయాన్ని పొందుతున్నాయి.

XIX. పంజాబ్ (Punjab) :

1. అబోహర్ వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Abohar Wild Life Sanctuary) :

దీని విస్తీర్ణం 228 చ.కి.మీటర్లు. నల్లలేడి (black buck), అనేక రకాల పక్షులు ఇందులో సంరక్షణ పొందుతున్నాయి.

XX. రాజస్థాన్ (Rajasthan) :

1. రథంబోర్ - పెద్దపులి రక్షిత ప్రణాళిక (Rathambore Tiger Project) :

ఈ ప్రాజెక్టు విస్తీర్ణం 392 చ.కి.మీ. దీనిలో 15 జాతుల పులి రకాలు సంరక్షణ పొందుతున్నాయి. ఇవే కాకుండా అడవిపిల్లి, సోమరిపోతు భల్లూకం, అడవిపంది, నీల్‌గాయ్ వంటి జంతువులు కూడా రక్షణ పొందుతున్నాయి. ఇది జయపూర్ జిల్లాలో ఉంది.

2. సరిస్కా వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Sariska Wild Life Sanctuary) :

దీని విస్తీర్ణం 195 చ.కి.మీటర్లు. దీనిలో పులి, చిరుతపులి, సివంగి, అడవిపిల్లి, సాంబర్, నీల్‌గాయ్ వంటి జంతువులు ఆశ్రయం పొందుతున్నాయి. ఇది అల్వార్ జిల్లాలో ఉంది.

3. ఘన పక్షి సంరక్షణ కేంద్రం (Ghana Bird Sanctuary) :

దీని విస్తీర్ణం 29 చ.కి.మీ. దీనిలో వలస పక్షులతో సహా దాదాపు 300 పక్షిజాతులు ఆశ్రయాన్ని పొందుతున్నాయి. ఇది భరత్‌పూర్ జిల్లాలో ఉంది.

XXI. సిక్కిం (Sikkim) :

1. కాంచన్ జంగ జాతీయపార్కు (Kanchan Junga National Park) :

దీని విస్తీర్ణం 800 చ.కి.మీ. దీనిలో కస్తూరి హరిణం (Musk deer), నల్లరంగు హిమాలయ భల్లూకం, టిబెట్టు తోడేలు (Tibetan Wolf), మంచు చిరుతపులి (Snow leopard) మొదలైన మృగాలు రక్షణ పొందుతున్నాయి.

XXII. తమిళనాడు (Tamilnadu) :

1. ముదుమలై వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Mudumalai Wild Life Sanctuary) :

దీని విస్తీర్ణం 321 చ.కి.మీటర్లు. దీనిలో పులి, చిరుతపులి, ఏనుగు, సోమరిపోతు భల్లూకం అడవికుక్క, గౌర్ ,సాంబర్ వంటి జంతువులకు ఆశ్రయం కల్పించబడింది.

2. వేదాంతంగళ్ నీటి పక్షుల సంరక్షణ కేంద్రం (Vedanthangal Water bird Sanctuary):

దీని వైశాల్యం 30 చ.కి.మీటర్లు. దీనిలో గూడకొంగ, తెల్లకొంగ, గుడ్డి కొంగ, జిలుమ, బుడుబుంగ, బాతు, చిత్తడి నేల పక్షి వంటి అనేక పక్షులు సంరక్షణ పొందుతున్నాయి.

3. అన్నామలై వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Annamalai Wild Life Sanctuary) :

దీని విస్తీర్ణం 958 చ.కి.మీటర్లు. దీనిలో ఏనుగు, పులి, చిరుతపులి, అడవిపంది మొదలైన మృగాలు ఆశ్రయాన్ని పొందుతున్నాయి. ఇది కోయంబత్తూర్‌లో ఉంది.

4. మద్రాసు పాముల పార్క్ (Madras Snake Park):

దీని వైశాల్యం 3.7 చ.కి.మీటర్లు. దీనిలో నాగసర్పం (King Cobra), కొండచిలువ (Python), పొడల పాము, కట్లపాము, ఊసరవెల్లి (Chameleon), మొదలైన సరీసృపాలు సంరక్షించబడుతున్నాయి. ఇది మద్రాసులో ఉంది.

XXIII. ఉత్తరప్రదేశ్ (Uttar Pradesh) :

1. కోర్బెట్ జాతీయ పార్కు (Corbett National Park) :

ఇది భారతదేశంలో ప్రసిద్ధి చెందిన పార్కు. దీనిలో పులి, చిరుతపులి, ఏనుగు, సోమరిపోతు భల్లూకం, బార్కింగ్‌డీర్, అడవిపంది, దుప్పి (gazelle), తోకలేని కోతి (gibbon), గిన్నీ పందులు (guinea pig), ముంగీస (mongoose), ముండ్ల పంది (porcupine), సీమకుందేలు, గుంటనక్క (jackal), మొసలి (crocodile), త్రాచుపాము, తాబేలు (tortoise), పొట్టిబాతులు, కాకులు, కోకిలలు, పిచ్చుకలు, భరద్వాజ పక్షులు మొదలైన ప్రాణులు సంరక్షణ పొందుతున్నాయి. దీని విస్తీర్ణం 525 చ.కి.మీటర్లు. ఇది నైనిటాల్ (Nainital) జిల్లాలో ఉంది.

2. దుద్వా జాతీయపార్కు (Dudwa National Park) :

దీని విస్తీర్ణం 500 చ.కి.మీటర్లు. దీనిలో పులి, చిరుతపులి, సోమరిపోతు ఎలుగుబంటి, బార్కింగ్‌డీర్, అడవిపంది, నీల్‌గాయ్ వంటి వన్యప్రాణులు ఆశ్రయం పొందుతున్నాయి.

XXIV. పశ్చిమబెంగాల్ (West Bengal) :

1. సుందర్‌బాన్ పులి రిజర్వు (Sunderban Tiger reserve) :

దీని విస్తీర్ణం 2585 చ.కి.మీటర్లు. దీనిలో పులి, చిరుతపులి, అడవిపంది, అనేక రకాల పక్షులు, సరీసృపాలు ఉన్నాయి.

2. జల్దాపార వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Jaldapara Wild Life Sanctuary) :

దీని విస్తీర్ణం 115.5 చ.కి.మీటర్లు. దీనిలో ఖడ్గమృగం, ఏనుగు, పులి, చిరుతపులి, అడవిపంది, అడవిదున్న, బార్కింగ్‌డీర్ మొదలైన వన్యప్రాణులు సంరక్షించబడుతున్నాయి.

3. సెంచల్ వన్యప్రాణి సంరక్షణ కేంద్రం (Senchal Wild Life Sanctuary) :

దీని విస్తీర్ణం 38.88 చ.కి.మీటర్లు. నల్లరంగు హిమాలయ భల్లూకం, సెరో (serow), గోరల్ (goral) వంటి జంతువులు దీనిలో సంరక్షణ పొందుతున్నాయి.

5. చేపలు - సంరక్షణ
(Fisheries Conservation)

ప్రపంచంలో ప్రోటీను సంబంధమైన ముఖ్యమైన ఆహారపు వనరు చేపలు. ఇవి ప్రపంచ జనాభాకు కావలసిన 20% ఆహారపదార్థాల కొరతను తీరుస్తున్నాయి. ప్రపంచ జనాభాలో సుమారు 30% నుంచి 40% వరకు ప్రోటీను సంబంధమైన పోషక విలువల లోటు ఉంది. భారతదేశం వంటి అభివృద్ధి చెందుతున్న దేశంలో సక్రమమైన చేపల వర్ధనం (Pisciculture), సమగ్రమైన యాజమాన్య పద్ధతుల ద్వార ప్రోటీన్‌ల లోటు సమస్యను పరిష్కారం చేయవచ్చు.

మంచినీటి చేపలు, సముద్రపు చేపలు భారతదేశానికి ముఖ్యమైన చేపల వనరులు. బావులు, చెరువులు, సరస్సులు, నదుల నుంచి మంచినీటి చేపలు లభిస్తాయి. సముద్ర తీరంలో 11 నుండి 16 కిలో మీటర్ల ప్రాంతంలో సముద్రపు చేపలు లభిస్తాయి. ప్రతీ సంవత్సరం హిందు మహాసముద్రంలో చేపల ఉత్పాదన సామర్థ్యం 15 మిలియన్ టన్నులే అయినప్పటికీ, భారతీయుడు తన స్వంత ప్రయోజనాల దృష్ట్యా సాలీన 31 మిలియన్ టన్నుల చేపలను పడుతున్నాడు. అదే విధంగా అరేబియా సముద్రం తీరప్రాతం, బంగాళాఖాతం తీరప్రాంతంలో చేపల ఉత్పాదన స్థాయిని మించి చేపలను పట్టుకోవడం జరుగుతుంది. మన సముద్ర తీరాలలో దొరికిన ముఖ్యమైన చేపల ఉత్పత్తి 1976వ సంవత్సరంలో 13,52,855 టన్నులయితే 1977 వ సంవత్సరంలో అది 12,59,782 టన్నులకు పడిపోయిందని ICAR వారి రిపోర్టులో తేలింది. భారతదేశ తీర ప్రాంతాలలో ఆయిల్ సార్డైన్ 15% (Oil sardine), ఆంకోవీస్ 3.5% (anchovies), బాంబే డక్ 6% (Bombay duck), పెద్దరొయ్యు 14% (Prawns), షెల్‌ఫిష్ 0.5% (Shell fish), డాల్ఫిన్ 5% (Dolphin), ఎగిరే చేప (flying fish), పెద్ద మలుగు చేప (lamprey), స్వార్డ్ చేప (sword fish) మొదలైన జాతులు లభిస్తాయి.

భారతదేశంలో మంచినీటి చేపలు పుష్కలంగా లభిస్తాయి. వాటిలో నీటి కోడి, పీత (Crab), ఈల్ (eel), చిన్నరొయ్యు (shrimp), జెల్ల (Thorn back), చందమామ చేప (White fish), బొమ్మెచేప (Murrel), క్యాట్‌ఫిష్ (catfish), సెటిపిన్నా (Setipinna), గుడూసియ (Gudusia) ప్రజాతులకు సంబంధించిన కొన్ని చేపలు ముఖ్యమైనవి. చిన్నరొయ్యలు 10%, క్యాట్‌పిష్ 34%, పీతలు 37%, ఇతర చేపలు ప్రతీ సంవత్సరం 6,65,000 టన్నులు మార్కెట్‌కు వస్తున్నాయి (ICAR-1977).

చేపలు బలవర్ధకమైన మంచి ఆహారం కాబట్టి రోజురోజుకు వాటి గిరాకి పెరుగుతుంది. కానీ అవధులుదాటి చేపలుపట్టటంవల్ల తిమింగలం (Whale) వంటి అనేకజాతుల చేపలు రోజురోజుకు తరిగిపోతున్నాయి, దీనికి తోడు గృహ సంబంధమైన మురికినీరు, పరిశ్రమల నుంచి వెలువడుతున్న వేడినీరు, క్రిమినాశక రసాయన మందులు వర్షపునీటి ద్వారా చెరువులు, సరస్సులు, నదులు, సముద్రాలలో చేరటం వల్ల ఏర్పడిన నీటి కాలుష్యం చేపల అభివృద్ధిని ఆటంక పరుస్తుంది. అందువల్ల చేపల దిగుబడి క్రమంగా అధమస్థాయికి పడిపోతుంది.

తరిగిపోతున్న చేపల ఉత్పత్తుల దృష్ట్యా వాటిని పునరభివృద్ధిపరచటానికి చేపలు పట్టటాన్ని అదుపు చేసి సరైన ప్రజనన పద్ధతుల (breeding) ద్వారా అనేక మత్స్య పరిశ్రమ కేంద్రాలను నెలకొల్పటానికి

చర్యలు తీసుకోవాలి. చేప విత్తనాల కేంద్రాల పరిధిలో గల నీటి రిజర్వాయరులన్నింటిలో చేప విత్తనాలను (పిల్లలను) విధిగా కలపాలి. **యస్.జడ్. ఖాసిం** (ఓషనోగ్రాఫర్ ఆఫ్ ఇండియా అండ్ డైరెక్టర్ ఆఫ్ నేషనల్ ఇన్స్టిట్యూట్ ఆఫ్ ఓషనోగ్రాఫి, దోనాపాల, గోవా) ఆక్వాకల్చర్, పిసికల్చర్ (pisciculture) వంటి సాంకేతిక పరమైన పద్ధతుల ద్వారా చేపల అభివృద్ధి లక్ష్యాన్ని అతిస్వల్ప కాలంలో అధిగమించవచ్చని వారి అభిప్రాయాన్ని వ్యక్తం చేశారు.

6. నీరు - నీటి సంరక్షణ
(Water Conservation)

నీరు అమూల్యమైన తరగని సహజవనరు. నీరు సాధారణంగా ద్రవ, ఘన, వాయురూపాల్లో ప్రపంచమంతటా వ్యాపించి ఉంటుంది. రష్యావాసులైన **కాలినైన్, బైకోవ్** (Kalinine & Bykov, 1969) వంటి జియోగ్రాఫర్స్ మరియు హైడ్రోలోజిస్టులు ప్రపంచ నీటి ఉత్పత్తుల విలువ 1.46×10^9 ఘన కిలోమీటర్లుంటుందని అంచనా వేశారు. దీనిలో 93% సముద్రపు నీరు, 4.1% భూగర్భజలం, 2.0% హిమనీనదాలు (glacier), ధృవప్రాంతాలలో మంచుదిబ్బలు (ice berges, ice caps) చోటు చేసుకున్నాయి. అయితే కేవలం 0.052% నీరు సరస్సులు, నదులు, తేమ, మేఘాలు, వర్షం రూపంలో ఉంటుందట. ప్రతీ సంవత్సరం 37,000 ఘనకిలోమీటర్ల నీరు ఆవిరిరూపంలో ఇగిరిపోయి మేఘాలుగా ఏర్పడి, తిరిగి చల్లబడి వర్షం రూపంలో భూతలాన్ని చేరుతుంది. ప్రపంచ అవసరాలకు సరిపోయే నీరు 10,000 ఘన కిలోమీటర్లే అయినప్పటికీ క్రీ.శ. 2000 సంవత్సరం నాటికి ఇది 18,700 ఘన కిలోమీటర్లవరకు పెరగనున్నట్లు అంచనా. కానీ ప్రపంచంలోని మంచినీరు (fresh water) ఎక్కువ శాతం జనసాంద్రత లేని సైబీరియా, ఉత్తర కెనడా వంటి దేశాలలో ఉండి నిష్ప్రయోజనంగా మిగిలిపోతుంది. అయినప్పటికీ జీవావరణంలో చెప్పుకోతగిన నీటి కొరత లేదు. కానీ నీటి నాణ్యత, పంపిణీ, వినియోగ సంబంధమైన ఇబ్బందులు లేకపోలేదు.

అధిక జనాభా వలసలు, పారిశ్రామిక వ్యర్థపదార్థాలు, రేడియోధార్మిక వ్యర్థపదార్థాలు, చమురు పదార్థాలు, వ్యవసాయ సంబంధ చీడ-పీడ నాశకాలు-రసాయనాలు, జీవవిచ్ఛిన్నశీల, అవిచ్ఛిన్నశీల కాలుష్యాలు వర్షపునీటి ప్రవాహం ద్వారా చెరువులు, సరస్సులు, నదులు, సముద్రాలను కలుషితం చేస్తున్నాయి. నీటి కాలుష్యం స్థాయిని ఆక్సిజన్ క్షయకరణ పరంగా బయోకెమికల్ ఆక్సిజన్ డిమాండ్ (BOD) కొలమానంతో కొలుస్తారు. కలుషితమైన నీరు టైఫాయిడ్, కలరా, కామెర్లు, అమీబియాసిస్, సాల్మనెల్లోసిస్, షిజెల్లోసిస్ వంటి వ్యాధులను కలుగజేస్తుంది.

నీటి సంరక్షణ పద్ధతులు

1. సాంకేతిక పద్ధతుల ద్వారా మురికినీటి నివారణ ఏర్పాట్లు చేయడం.
2. మొక్కలను నాటి వరదలను అదుపుచేయడం.
3. చెరువులు, సరస్సులు, ఆనకట్టలను నిర్మించడం.
4. పారిశ్రామిక వ్యర్థపదార్థాలను ఆయా ప్రాంతాల పరిధిలోనే నిర్మూలించే ఏర్పాట్లు చేయడం.
5. వ్యవసాయ క్రిమినాశక మందులకు ప్రత్యామ్నాయంగా విరుగుడు పదార్థాలను ఉపయోగించడం.

7. శక్తి - సంరక్షణ
(Energy and its Conservation)

ప్రపంచ ఆర్థికవ్యవస్థలో శక్తికి కీలకమైన స్థానం లభిస్తుంది. ఇనుము, రాగి, జింక్, వివిధ ఖనిజాలు, రాక్షసబొగ్గు, చమురు వంటి అనేక శిలాజ ఇంధనాలు (fossil fuels) భూగర్భంలో కోకొల్లలుగా ఉన్నప్పటికీ ఇవి అన్నీ పునరుద్ధరించలేని సహజవనరులు. పారిశ్రామిక విప్లవం (Industrial revolution) తర్వాత ఈ సాంప్రదాయిక ఇంధనాలను అవధులు దాటి వినియోగించడం వల్ల రోజు రోజుకు అవి తరిగిపోతున్నాయి. అంతేకాకుండా ఈ శక్తి వనరుల విస్తృత వినియోగం వల్ల అనేక భౌతిక, రసాయనిక కలుషితాలు ఘన, ద్రవ, వాయు రూపాలలో విసర్జింపబడి తీవ్ర పరిసరాల కాలుష్యానికి కారణమవుతున్నాయి. ప్రపంచంలోని మొత్తం శక్తి వనరులలో 40 నుండి 50 శాతం వరకు యూరపు, U.S. జపాన్, హాంకాంగ్, సింగపూర్ వంటి అభివృద్ధి చెందిన ఆధునిక దేశాలే ఉపయోగించుకొంటున్నాయి. ఈ దేశాలే 50% కాలుష్యానికి కారణమని **సౌత్‌విక్ (Southwick, 1976)** అభిప్రాయపడ్డాడు.

నిరాటంక పారిశ్రామికాభివృద్ధి, ఆర్థిక, సాంఘిక, సాంస్కృతిక ప్రయోజనాల పురోగతి నిర్విరామంగా కొనసాగడానికి సాంప్రదాయిక ఇంధన వనరుల కొరత ఏర్పడుతున్నందువల్ల, ఈ వనరుల సంరక్షణ కోసం, పర్యావరణ కాలుష్యాల నివారణ దృష్ట్యా ప్రపంచ దేశాలు ప్రత్యామ్నాయ శక్తి వనరుల కోసం అప్పుడే అన్వేషణ, పరిశోధనలు ప్రారంభించాయి. నేటి శక్తి అవసరాల దృష్ట్యా ఈ ప్రత్యామ్నాయ శక్తి వనరులనుండి లభ్యమయ్యే శక్తి చాల తక్కువేనని చెప్పవచ్చు. దీనికి కారణం ప్రత్యామ్నాయ శక్తిని పెద్దమొత్తంలో ఉత్పత్తి చేయడానికి కావలసిన సాంకేతిక విజ్ఞానం అందుబాటులో లేకపోవడం, ఇంకా ఉత్పాదన వ్యయం అధికం కావడమేననితెలుస్తుంది. సాంకేతిక పరిజ్ఞానాన్ని అభివృద్ధి చేసుకొని క్రమంగా ఈ శతాబ్దాంతం వరకు ప్రత్యామ్నాయ శక్తి వినియోగంలో కచ్చితమైన ప్రగతిని చాలావరకు సాధించవచ్చునని శక్తి ఉత్పాదక సలహా సంఘం (Advisory board of energy) వారు సమర్పించిన నివేదికలో వెల్లడయ్యింది.

ప్రత్యామ్నాయ శక్తివనరులు (Aleternative sources of energy)

కాలుష్య సమస్యల్లు లేని తక్కువ వ్యయంతో తరగనిశక్తినిచ్చే కొన్ని ప్రత్యామ్నాయ శక్తి వనరులను ఇక్కడ చర్చిద్దాము. అవి -

1. సౌరశక్తి (Solar energy)
2. జలవిద్యుచ్ఛక్తి (Hydro electric power)
3. సముద్రపు ఆటుపోట్ల శక్తి (Tidal energy)
4. వాయుశక్తి (Wind power)
5. భూగర్భ ఉష్ణశక్తి (Geo-thermal energy)
6. జీవ ఇంధనాలు, బయోగ్యాస్ శక్తి (Biofuels, Biogas energy)
7. అణుశక్తి (Atomic energy)

1. సౌరశక్తి (Solar energy) :

సౌరశక్తి పుష్కలంగా, అనంతంగా అయినప్పటికీని సూర్యుని నుండి వెలువడే వికిరణ శక్తిని యధాతథంగా వినియోగించుకోలేము. వికిరణ శక్తిని రసాయనిక శక్తిగాను (కిరణజన్యసంయోగక్రియ), ఉష్ణశక్తిగాను (సోలార్-కలెక్టరులు), విద్యుచ్ఛక్తిగాను (సోలార్ బ్యాటరీ సెల్స్) మార్చి వివిధ విధాలుగా వినియోగించుకొంటున్నాము.

గృహావసరాలకు ఉపయోగపడే అనేక రకాల పరికరాలు ఉదా: వాటర్ హీటర్లు మార్కెట్లలో తక్కువ ధరలకే లభ్యమవుతున్నాయి. ఈ పరికరాలలో సౌరశక్తిని ఉష్ణశక్తిగా మార్చే కొన్ని రసాయనిక పదార్థాలు ఉంటాయి. ఇజ్రాయిల్ దేశంలో ప్రజలు గృహావసరాలకు వినియోగించే మొత్తం శక్తిలో సౌరశక్తి 2% వరకు ఉంటుందని అంచనా. యస్.ఐ. స్మిర్నవ్ (S.I. Smirnov) ప్రకారం మాస్కో పవర్ ఇన్‌స్టిట్యూట్ మైక్రో వాటర్ ప్లాంట్ ద్వారా సౌరశక్తిని ఉపయోగించి ప్రస్తుతమున్న ఉత్పత్తిని అధికం చేయవచ్చునని చెప్పాడు. అమెరికా దేశంలో ఈ సంవత్సరాంతం (1990) వరకు ఐదు మిలియన్ టన్నుల బొగ్గు శక్తితో సమానమైన సౌరశక్తిని ఉత్పత్తి చేయవచ్చునని "శక్తి పరిశోధనా అభివృద్ధి సంస్థ" (ERDA) తెలియజేసింది. ఈ శతాబ్దాంతం వరకు ప్రజలకు అవసరమైన సౌరశక్తి ఉత్పాదన 72 మిలియన్ల వరకు అవుతుందని హామండ్ (Hammand, 1975) తెలియజేశాడు.

ఆర్థిక విప్లవం (Economic revolution) ఫలితంగా భారతదేశంలో సాంకేతిక పరంగా 10 చదరపుటడుగుల వైశాల్యంతో సోలార్ కుక్కర్ (Solar cooker) యంత్రం తయారుచేశారు. రాజస్థాన్, ఉత్తర్‌ప్రదేశ్, గుజరాత్, హర్యానా వంటి రాష్ట్రాలలో మొత్తం 320 గ్రామాలలో సౌరశక్తితో సమగ్ర వీధిదీపాల విద్యుదీకరణ జరిగింది. పెద్ద మొత్తంలో విద్యుత్ సరఫరాకు గాను ఢిల్లీలో ఒక సౌరశక్త్యాగారాన్ని (Solar Power Station) త్వరలోనే నెలకొల్పనున్నారు. భారతదేశంలో మొట్టమొదటి సారిగా ఇంజినీరింగ్ కళాశాల మెటలర్జీ విభాగం, పూన, వారు 2000°C ఉష్ణాన్ని ఉత్పత్తి చేయగల సౌరశక్తి కొలిమిని రూపొందించారు. వ్యవసాయ విశ్వవిద్యాలయం, హర్యానా వారు పంటచేల నీటి సరఫరా నిమిత్తం సౌరశక్తితో నడిచే పంపుసెట్లను తయారుచేశారు.

ఏప్రిల్ 16-17, 1987న UNESCO వారిచే క్రొత్తఢిల్లీలో సాంప్రదాయేతర శక్తి వనరుల అభివృద్ధి (Development of Non-conventional energy resources - DNES) గూర్చి నిర్వహించిన అంతర్జాతీయ మహాసభలో పలువురు వక్తలు ప్రసంగించి 2001 నాటికి సౌరశక్తితో 15,000 M.W. విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తి అవుతుందని తెలిపారు. కృత్రిమ ఉపగ్రహాలను భూకక్ష్యలో ప్రవేశపెట్టి 20,000 M.W. విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తి చేయవచ్చునని శాస్త్రవేత్తలు చెప్పారు.

భవిష్యత్తులో సౌరశక్తి, శక్తివనరులలోకెల్ల ప్రధానమైన పాత్ర వహించగలదని శాస్త్రజ్ఞుల భావన. సౌరశక్తి వినియోగం వల్ల సాధారణంగా పరిసరాల కాలుష్యమేర్పడదు. ఆర్సెనిక్, కాడ్మియమ్, సెలీనియమ్ మొదలైన రసాయనాలను సోలార్ బ్యాటరీ సెల్స్‌లో వాడడం వల్ల, దీర్ఘకాలం సౌరశక్తిని వినియోగించడం వల్ల వాతావరణంలో స్వల్ప మార్పులు కలుగవచ్చు. కాని వీటిని శిలాజ ఇంధనాల వాడకం వల్ల కలిగే దుష్ఫలితాలతో పోల్చినపుడు అతి స్వల్పమని చెప్పవచ్చు.

2. జలవిద్యుచ్ఛక్తి (Hydro electric power) :

నీరు అంతులేని సహజశక్తి వనరు. కాని నీటి శక్తిని యధాతధంగా వాడుకోలేము. అందువల్ల సాంకేతిక పరమైన విజ్ఞానంతో వివిధ యంత్రాల సహాయం వల్ల నీటి శక్తిని జల విద్యుచ్ఛక్తిగా మార్చి అనేక రకాలుగా వినియోగించుకుంటున్నాము. అత్యల్ప వ్యయంతో అత్యధిక జలవిద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పాదన సాధించబడుతోంది. ఈ శక్తి ఎటువంటి కాలుష్యాలకు తావివ్వదు. అప్రమత్తంగా ఉండి సక్రమంగా వాడుకుంటే ఇది ఒక వరం, లేదా ప్రాణాలను బలిగొని శాపంగా మారుతుంది. భారతదేశ శక్తి వనరులలో 40% జల విద్యుచ్ఛక్తే ఉంది. మొత్తం జల విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పాదన 50 నుండి 55 మిలియన్ కిలోవాట్లు (KW) గా అంచనా వేయడం జరిగింది. మన దేశంలో ప్రస్తుతం 70కి పైగానే జల విద్యుచ్ఛక్తి స్థావరాలు (Hydro electric power stations) ఉన్నాయి. వీటి నుండి 10169.5 M.W. విద్యుత్తు ఉత్పత్తి అవుతుంది. మాచ్‌ఖండ్ హైడ్రో ఎలక్ట్రిక్ ప్రాజెక్టు, శ్రీశైలం హైడ్రో ఎలక్ట్రిక్ ప్రాజెక్ట్, ఎగువ మరియు దిగువ సీలేరు హైడ్రో ఎలక్ట్రిక్ ప్రాజెక్ట్‌లు వంటి జల విద్యుచ్ఛక్తి కర్మాగారాలు ఆంధ్రప్రదేశ్‌లో ఉన్నాయి.

3. సముద్రపు ఆటు-పోటుల శక్తి (Tidal energy) :

సముద్రాలు అనంతశక్తి నిక్షిప్తాలు. చాలాకాలంగా సముద్ర జలాల నుండి శక్తి ఉత్పాదన ప్రయత్నాలు జరుగుతున్నాయి. సముద్ర తరంగాలు 4, 5 మీటర్ల వరకు ఎగిసిపడే సముద్ర ఆటు-పోటుల నుంచి విద్యుచ్ఛక్తిని తయారు చేయవచ్చు. ప్రప్రథమంగా 1966లో ఫ్రాన్సు సముద్రతీరంలో సముద్రపు ఆటు-పోటు విద్యుచ్ఛక్తి కార్మాగారాన్ని (Tidal electrical plant) నెలకొల్పారు. ఆ తర్వాత రష్యాలో కూడా ఇటువంటి ఆటు-పోటు విద్యుత్ కర్మాగారాన్ని నెలకొల్పారు. భారతదేశంలోని పశ్చిమ తీర ప్రాంతంలో గల్ఫ్ ఆఫ్ కచ్ (Gulf of Kutch), కాంబె (Cambay) తూర్పుతీరంలో సుందర్‌బాన్స్ (Sunderbans) వంటి సముద్రపు ఆటు-పోటుల నుంచి దాదాపు 9,000 MW విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తి అవుతుంది.

4. వాయుశక్తి (Wind power) :

వాయువు అనంతమైన శక్తి వనరు. మానవుడు అనాది నుండి ఓడల ప్రయాణానికి వాయుశక్తిని వినియోగించుకుంటున్నాడు. క్రీస్తు పూర్వం నుంచి కూడా పర్షియన్లు గాలి మరలను (Wind mills) ఉపయోగించినట్లు చరిత్ర ఆధారాలు చెబుతున్నాయి. వాయుశక్తి ఒక రకమైన యాంత్రిక శక్తి కాబట్టి దీనివల్ల పరిసరాల కాలుష్య మేర్పడదు. సాంకేతిక పరమైన యంత్రాల సహాయంతో వాయువు నుంచి విద్యుచ్ఛక్తిని ఉత్పత్తి చేస్తున్నారు. వాయుశక్తిని విద్యుదుత్పాదనకే కాకుండా మంచు తయారీకి కూడా ఉపయోగిస్తున్నారు.

అమెరికాలోని నేషనల్ ఏరోనాటిక్స్ అండ్ స్పేస్ అడ్మినిస్ట్రేషన్ (NASA) వారు 100 KW విద్యుదుత్పాదనా సామర్థ్యం గల గాలి మరను రూపొందించారు. స్కాట్‌లాండ్‌లో గల గాలి యంత్రం ప్రతీ సంవత్సరం 9000 MW విద్యుత్తును ఉత్పత్తి చేస్తుంది. ఈ యంత్రం ప్రపంచంలోని అన్ని గాలి యంత్రాల కంటే అతి పెద్దది. డెన్మార్క్‌లో 2 MW విద్యుదుత్పాదనా శక్తిగల గాలిమర నిర్మాణంలో ఉంది. అమెరికా దేశంలో కేవలం కాలిఫోర్నియాలోనే 14,000 గాలి మరలు పనిచేస్తున్నాయి.

భారతదేశంలో బలమైన గాలిశక్తి వనరులు ఎక్కువగా లేవు. గుజరాతు రాష్ట్రంలో మాత్రం నీటి పారుదలకు, మంచినీటి వసతులకు గాను ప్రయోగాత్మకంగా 24 గాలి మరలను స్థాపించారు. కమ్యూనిటి పాలిటెక్నిక్ సంస్థ, పోర్బందర్ వారు నాణ్యమైన గాలి మరలను నిర్మిస్తున్నారు. ఈ మరలు, గాలి వేగం గంటకు 7 కి.మీ. ఉన్నప్పుడు నిమిషానికి 12 చుట్లు తిరిగి 2,000 లీటర్ల నీటిని, గాలి వేగం గం॥కు 36 కి.మీ. ఉన్నప్పుడు నిమిషానికి 107 చుట్లు తిరిగి 26,850 లీటర్ల నీటిని తోడగలుగుతాయి. ఇప్పుడిప్పుడే కమ్యూనిటి పాలిటెక్నిక్ సంస్థవారు విద్యుదుత్పాదనకు తగిన గాలిమరలను ఉత్పత్తి చేస్తున్నారు. ఈ గాలి మరలకు ఇతర రాష్ట్రాలలో కూడా మంచి గిరాకీ ఉంది. విద్యుత్ గాలిమరల ద్వారా గుజరాత్‌లో 550 KW, కచ్‌లో 1.1 MW, మహారాష్ట్రలో 550 KW, తమిళనాడులో 550 KW, ఒరిస్సాలో 550 KW విద్యుత్‌శక్తి ఉత్పన్నమవుతుంది. సాంప్రదాయేతర శక్తివనరుల అభివృద్ధి సంస్థ ప్రధాన కార్యదర్శి శ్రీ **మహేశ్వరీ దయాళ్** భారతదేశంలోని గాలి మరల విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పాదన 20,000 MW ఉంటుందని అంచనా వేశారు.

5. భూగర్భ ఉష్ణశక్తి (Geothermal energy) :

భూగర్భ ఉష్ణశక్తి కూడా అపరిమితమైన శక్తివనరు. భూగర్భంలోని ఉష్ణశక్తి భూకంపాలు, అగ్నిపర్వతాల ప్రేలుళ్ళు, వేడినీటి చలమల (Hotsprings) రూపంలో వెలువడుతుంది. భూగర్భ ఉష్ణశక్తిని ప్రత్యామ్నాయ ఇంధన వనరుగా వినియోగించడానికి తీవ్ర ప్రయత్నాలు జరుగుతున్నాయి.

ఐర్లండు, ఫ్రాన్సు, హంగేరీ, రష్యా వంటి దేశాలలో భూగర్భ ఉష్ణశక్తిని వినియోగించి నీటిని వేడిచేసి, నీటి ఆవిరిని విద్యుదుత్పాదనకు వినియోగిస్తున్నారు. ఐర్లండులో భూగర్భ ఉష్ణశక్తిని వినియోగించుకోవడం వల్ల ప్రతి ఏటా 2 లక్షల టన్నుల చమురు ఆదా అవుతుంది. ఫ్రాన్సు దేశంలో 1990 నాటికి భూగర్భ ఉష్ణశక్తిని వాడడం వల్ల ప్రతి సంవత్సరం 2 మిలియన్ టన్నుల చమురు ఆదా అవుతుందని **క్లాట్ (Clot, 1977)** అంచనా వేశాడు.

భారతదేశంలో ప్రయోగాత్మకంగా రెండు ప్రాజెక్టులను చేపట్టి భూగర్భ ఉష్ణశక్తిని అధ్యయనం చేస్తున్నారు. ఇందులో మొట్టమొదటిది హిమాచల్ ప్రదేశ్‌లోని పర్బతీలోయలో (Parbati Valley), రెండవది జమ్మూ-కాశ్మీర్‌లో పూగలోయలో 'పూగజియో-థెర్మల్ అసెస్‌మెంటు ప్రాజెక్ట్' (Puga Geo-thermal Assessment project) పేర నెలకొల్పబడ్డాయి. భూగర్భ ఉష్ణశక్తిని వినియోగించే యంత్రాల వాడకం వల్ల విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పాదన కొంతవరకు పరిసరాల కాలుష్యంతో కూడుకుందని శాస్త్రవేత్తలు భావిస్తున్నారు.

6. జీవ ఇంధనాలు - బయోగ్యాస్ (Biofuels, Biogas energy) :

ఇంధనాల అభివృద్ధికి, మొక్కలను పెంచడం ఒక రకమైన 'శక్తి వ్యవసాయంగా' (Energy farming) పేర్కోవచ్చు. ఈ శక్తి క్షేత్రాలను దీర్ఘకాలిక ప్రత్యామ్నాయ శక్తి జనకాలుగా భావించవచ్చు. ఇటీవలి కాలంలో జీవ సంబంధమైన వ్యర్థ పదార్థాల నుండి శక్తి వనరుల ఉత్పాదన కోసం విస్తృత పరిశోధనలు జరుగుతున్నాయి. ఈ పరిశోధనల ఫలితంగానే జీవ సంబంధ వ్యర్థ పదార్థాల నుండి ఆల్కహాల్, మిథేన్, వంటగ్యాస్ లాంటి పదార్థాలు ఉత్పత్తి చెందుతున్నాయి.

భారతదేశానికి వెన్నెముక పల్లె ప్రాంతాలు. ఈ ప్రాంతాలలో పశుపోషణకు కొదువలేదు.సాంకేతిక

విజ్ఞానంతో పశువుల పేడ నుండి శక్తి వనరుల ఉత్పాదనను పెంపొందించి బయోగ్యాస్ (Biogas) యంత్రాలను అభివృద్ధి చేశారు. పశుపోషణ గల పల్లెలలో బయోగ్యాస్ యంత్రాలు నిరంతరాయంగా పనిచేస్తాయి కాబట్టి 1961లో జాతీయ బయోగ్యాస్ అభివృద్ధి పథకాన్ని (The National biogas development programme) ప్రవేశపెట్టారు. ఈ ప్రణాళిక బాధ్యతను ఖాదీ, గ్రామీణ పరిశ్రమల కమీషన్ (KVIC) కు అప్పగించడం జరిగింది. 1986-87లో వివిధ పల్లె ప్రాంతాలలో 8.2 లక్షల బయోగ్యాస్ ప్లాంటులను నెలకొల్పారు. ఒక కుటుంబానికి సరిపోయే బయోగ్యాస్ ప్లాంటుకు 6 పశువుల పేడ సరిపోతుంది. ఈ పేడ నుండి వెలువడిన మిథేన్ వాయువు వంటగ్యాస్ గానూ, విద్యుత్ దీపాలు వెలిగించటానికి గానూ ఉపయోగపడుతుంది. అంతేకాకుండా సారవంతమైన ఎరువు కూడా ఏర్పడుతుంది.

పట్టణ వ్యర్థ పదార్థాల పునరుద్ధరణకు గాను అర్బన్ వేస్ట్ రిసైక్లింగ్ ప్లాంట్ (Urban waste recycling plant) ను న్యూఢిల్లీ ఓక్లా నగరాలలో స్థాపించడం జరిగింది. ఈ ప్లాంటు ఒక రోజుకు 0.6 మిలియన్ ఘనపుటడుగుల బయోగ్యాస్‌ను, ఘనపుటడుగు ఒక్కింటికి 700-800 BTU ఉష్ణాన్ని విడుదల చేస్తుంది. 0.6 మిలియన్ ఘనపుటడుగుల బయోగ్యాస్ ద్వారా 800 ఇండ్ల గృహసంబంధిత అవసరాలకు వినియోగపడుతుంది.

7. అణుశక్తి (Atomic energy) :

అణుశక్తి అధునాతనమైన, అద్భుతమైన అంతులేని శక్తివనరు. ఒకటన్ను యురేనియమ్ (U^{235}) నుండి ఉత్పత్తి అయిన శక్తి 3 మిలియన్ టన్నుల బొగ్గుకి, 12 మిలియన్ బ్యారెల్‌ల పెట్రోలియం శక్తికి సమానం. అణుశక్తి నుంచి విద్యుచ్ఛక్తి మాత్రమే కాకుండా సముద్ర వాహనాలకు ఇంధనం, రసాయనాలు, ఆహారపదార్థాలు, వ్యోమగాముల (space ship) ప్రయాణాలలో ఎన్నో రకాలుగానూ వినియోగపడుతుంది. ఇంకా అణుశక్తి లైట్ వాటర్ రియాక్టర్ (LWR), బాయిలింగ్ వాటర్ రియాక్టర్ (BWR), ప్రెషరైజ్డ్ వాటర్ రియాక్టర్ (PWR) వంటి అనేక రియాక్టర్లలో వినియోగపడుతుంది. అణుశక్తి వల్ల ఇన్ని శాంతియుత ప్రయోజనాలు సాధించినప్పటికీ ఇది విడుదల చేసే రేడియోధార్మిక కిరణాలు (Radio-active rays) అపారమైన కాలుష్య సమస్యలను తెచ్చిపెడుతున్నాయి.

అణుశక్తి అభివృద్ధి నిర్వాహణ, యాజమాన్యం మొదలైన విషయాల బాధ్యత 'అణుశక్తి కమీషన్' (Atomic Energy Commission) కు ఉంటుంది. భారతదేశంలో అణుశక్తి పరిశోధన ప్రధాన కేంద్రమైన "బాబా అటామిక్ రిసర్చ్ సెంటర్" (BARC) ముంబాయి దగ్గర ట్రాంబేలో ఉంది.

బాబా అటామిక్ రిసెర్చి సెంటర్ (BARC) :

ఈ కేంద్రంలో దాదాపు 350 రకాల కిరణధార్మిక పదార్థాలు ఉత్పన్నమవుతాయి. దీనికి నాలుగు రియాక్టర్లున్నాయి.

1. APSARA 2. CIRUS 3. ZERLINA 4. PURNIMA

ప్రస్తుతం భారతదేశంలో ఆరు అణువిద్యుత్ స్థావరాలు ఉన్నాయి. వీటి ద్వారా 1330 MW విద్యుదుత్పాదన జరుగుతుంది. తారాపూర్‌లో రెండు BWR రియాక్టర్లు, రాజస్థాన్‌లో రెండు PHWR రియాక్టర్లు, మద్రాసులో రెండు PHWR రియాక్టర్లు పనిచేస్తున్నాయి. వీటికి తోడు 8290 MW శక్తి గల 24 అణువిద్యుత్ స్థావరాలను నిర్మించడానికి ప్రతిపాదనలు జరుగుతున్నాయి.

8. పల్లపు భూములు - సంరక్షణ
(Slope lands Conservation)

నీటిలో మునిగిన భూములను లేదా జలసంతృప్త భూములను "పల్లపుభూములు" అంటారు. అవి సహజమైనవి లేదా మానవనిర్మితమయినవి కూడా కావచ్చు. వాటికి అపారమైన ఆర్థిక, వైజ్ఞానిక సహజ సౌందర్య ప్రాముఖ్యత ఉన్నందువల్ల అవి పర్యాటక క్షేత్రాలుగా వెలిశాయి. చిల్కా సరస్సు (1,15,150 హెక్టార్ల విస్తీర్ణం), కొల్లేరు సరస్సు (90,100 హెక్టార్ల విస్తీర్ణం), పులికాట్ సరస్సు (35,000 హెక్టార్ల విస్తీర్ణం) వంటి అనేక సరస్సులు; రామప్ప చెరువు, హుస్సేన్ సాగర్ వంటి అనేక చెరువులు, జలాశయాలు మనదేశంలోని పల్లపు భూముల సహజవనరులు. ఈ సరస్సులు, జలాశయాలు అనేక రకాలయిన నీటిపక్షులు, చేపలు, రొయ్యలు, పీతలకు, శోభను చేకూర్చే నీటి మొక్కలకు ఆవాసాన్ని కల్పిస్తాయి. సాలీన చిల్కాసరస్సు 36,000 టన్నులు, కొల్లేరు సరస్సు 7,500 టన్నులు, పులికాట్ సరస్సు 1,2000 టన్నుల చేపలను ఉత్పత్తి చేస్తున్నాయి. కానీ రోజు రోజుకూ పెరుగుతున్న నీటి కాలుష్యాల వల్ల జలాశయాలు దెబ్బతిని చేపల దిగుబడులను కృంగదీస్తున్నయి. నదీ ప్రవాహాలకు అడ్డంగా నదీ-లోయ ప్రాజెక్టులను నిర్మించడం వల్ల వలస వచ్చే హిల్సా, ముషీర్‌ల వంటి చేపల స్వేచ్ఛా చలనానికి, అభివృద్ధికి అంతరాయం ఏర్పడుతుంది. అంతేకాకుండా ఉత్పాదనను మించి చేపలను పట్టటం వల్ల, చేపల పునరభివృద్ధి కార్యక్రమాలు సక్రమంగా చేపట్టక పోవడం వల్ల మత్స్యపరిశ్రమ కుంటుబడిపోతోంది.

నేషనల్ కమిటి ఆన్ ఎన్విరాన్‌మెంటల్ ప్లానింగ్ (NCEP) వారు పల్లపుభూముల నిర్వాహణ సమస్యలను చర్చించి తగిన పరిష్కార మార్గాలను చేపడుతున్నారు. చేపలను ప్రజనన పద్ధతుల ద్వారా పెంచి, మత్స్యపరిశ్రమాభివృద్ధికి కావలసిన నిధులు రాష్ట్ర-కేంద్ర ప్రభుత్వాలు మంజూరు చేయాలి. విశ్వవిద్యాలయాలలో మత్స్యపరిశ్రమ సంబంధిత పరిశోధనకు తగిన ప్రోత్సాహాన్ని ఇచ్చి అభివృద్ధి పరచాలి.

9. పచ్చిక భూములు - సంరక్షణ
(Grass land Management)

తృణాలు, గుల్మాలు, అక్కడక్కడ పొదలు వంటి పశుగ్రాస సంబంధమైన మొక్కలతో నిండిన పచ్చటి మైదానాలను "పచ్చికభూములు" అంటారు. సహజ, కృత్రిమ పచ్చిక భూములు భూ-ఉపరితలంలో కనీసం మూడు వంతులు ఆక్రమించి ఉన్నాయి. ప్రపంచ పచ్చిక భూములలోని 40% పచ్చిక భూములు భారతదేశంలో ఉన్నాయి. ఈ పచ్చిక భూములు గుర్రాలు, పందులు, గాడిదలు, ఒంటెలు, జింకలు, చెవుల పిల్లులు, ఎలుకలు, గొర్రెలు, మేకలు, గేదెలు, పశువులు, కీటకాలు మొదలైన శాకాహార సంబంధమైన వన్యమృగాలకు, పెంపుడు జంతువులకు పశుగ్రాసాన్ని ఇస్తాయి.

పూర్వకాలం ఈ పచ్చికభూములను పశువుల మేతకే వినియోగించేవారు. కానీ 'హరిత విప్లవం' కారణంగా ఎక్కువ వరకు పచ్చిక భూములు వ్యవసాయ సంబంధమైన పంటభూములుగా మారాయి. అంతేకాకుండా పశుగణాభివృద్ధి గణనీయంగా పెరిగిన దృష్ట్యా చాలా ప్రదేశాలలో గడ్డి ఆచ్ఛాదనం

తగ్గిపోయి మృత్తిక క్రమక్షయానికి గురవుతోంది. 1969-70 సంవత్సరంలో ఆంధ్రప్రదేశ్ శాశ్వత పచ్చిక భూముల విస్తీర్ణం 11,56,817 హెక్టార్లు కాగా ,అవి 1980-81 సంవత్సరం వరకు 9,23,648 హెక్టార్లకు తరిగిపోయాయి. ఈ కారణంగానే అభివృద్ధి చెందిన పశుగణాలకు పశుగ్రాస క్షామం ఏర్పడి పాల విప్లవం (White revolution) సంపూర్ణంగా రాణించలేకపోతోందని పరిశోధకుల అభిప్రాయం.

భారతీయ పచ్చిక భూముల, పశుగ్రాస పరిశోధనా సంస్థ, ఝాన్సీ (Indian Grass lands and Fodder Research Institute, Jhansi) శాస్త్రవేత్తలు పశుగ్రాసం దిగుబడిని మెరుగు పరచడానికి కావలసిన పచ్చిక భూముల నిర్వాహణ పద్ధతులను అన్వేషిస్తున్నారు. అదే విధంగా భారతీయ కేంద్ర శుష్క భూమండల పరిశోధనా సంస్థ,జోధ్‌పూర్ (Central Arid Zone Research Institute, Jodhpur) సంబంధిత శాస్త్రవేత్తలు పచ్చిక భూముల నిర్వాహణ పద్ధతులను, పశుగ్రాస సంరక్షణ పద్ధతులను మెరుగు పరచడానికి తగిన పరిశోధనలు జరుపుతున్నారు.

పచ్చికభూముల సంరక్షణ పద్ధతులు (Methods of Grass land Management) :

1. పశుగణాలను ఒక పట్టిక ప్రకారం ఒక పచ్చిక బీడు నుండి వేరొక పచ్చిక బీడుకు తరలించి, మేపడం.
2. సంకరజాతి గడ్డి విత్తనాలను విత్తడం.
3. బీడులోని అవాంఛనీయమైన మొక్కలను తొలగించడం.
4. గడ్డి పూర్తి పక్వదశకు వచ్చేవరకు మేపడాన్ని అదుపు చేయడం.
5. గడ్డి ఉత్పాదనకు ఎరువులను వాడడం.

పై పద్ధతుల ద్వారా పచ్చికభూముల సమగ్ర సంరక్షణ చేయవచ్చు.

5.

కాలుష్యం

(POLLUTION)

జీవరాశులు, నేల, నీరు, వాయువు, ఉష్ణోగ్రత, ధ్వని మొదలైన సజీవ-నిర్జీవ భౌగోళిక సంబంధాన్ని 'జీవావరణం' (Biosphere) అంటారు. భూ ఉపరితలం నుండి 10 కి.మీ. ఎత్తుగల వాతావరణంలో, 10.67 కి.మీ. లోతు గల సముద్రపు నీటిలో, 7 కి.మీ. లోతుగల భూపటలంలోని నేలల్లో జీవావరణం వ్యాపించిఉంది. జీవావరణంలోని సజీవ, నిర్జీవ అనుఘటకాలు పరస్పర ప్రతిచర్యల ద్వార భూగ్రహం పై మనగలుగుతున్నాయి. మానవుని చేతగాని, మరి ఏ ఇతర కారణాలచేత గాని జరిగిన దుశ్చర్యల ఫలితంగా జీవావరణంలో విపరీత పరిస్థితులేర్పడి, మనిషితో సహా సమస్త జీవరాశుల మనుగడకు తీరని ఆటంకాలు ఏర్పడుతున్నాయి. అయినప్పటికీ జీవులలో విపరీత పరిస్థితులనెదుర్కొనే స్వయం శక్తిసామర్థ్యాలు సహజంగానే ఉండడం వల్ల కొంతవరకు నిలదొక్కుకొని, మారిన పరిస్థితులకనుగుణంగా సరిపరచుకొని అనుకూలన శీలత (Adaptability) ను చూపిస్తాయి. అయితే అనూహ్యమైన ఆకస్మిక దుర్భర జీవావరణ మార్పులను ఎదుర్కొనలేక కొన్ని జీవజాతులు నశించిపోయే అవకాశాలు కూడా ఉన్నాయి.

పారిశ్రామిక విప్లవం, హరిత విప్లవం తర్వాత జీవావరణంలో చాల గణనీయమైన మార్పులు వచ్చాయి. ఈ మార్పుల దుష్ప్రభావాల ఫలితంగా అనేక వృక్షాలు, జంతువులు రోజురోజుకు తరిగిపోతున్నాయి. మరికొన్ని జీవరాశుల జీవితకాలం క్రమంగా తగ్గుతోంది. కొన్ని జీవరాశులు వివిధ వ్యాధులకు గురై నశిస్తున్నాయి. యునైటెడ్ స్టేట్స్ మత్స్య మరియు వన్యప్రాణి సేవశాఖ (U.S. Fish and Wild life service) వారు జరిపిన సర్వేలో వెల్లడైన జాబితా ప్రకారం దాదాపు 100 మచ్చిక చేయబడిన జాతులు, 300 వన్యప్రాణి జాతులు ప్రమాదకర పరిస్థితులలో ఉన్నట్లు తెలుస్తుంది. ఇంటర్నేషనల్ యూనియన్ ఫర్ కన్జర్వేషన్ ఆఫ్ నేచర్ అండ్ నేచురల్ రిసోర్సెస్ (IUCN) వారి రెడ్ డేటా పుస్తకం (Red data book) లో క్షీరదాలు, పక్షులు కలిసి దాదాపు 600 జాతులు ప్రమాదకర స్థితిలోనున్నట్లు పేర్కొనబడింది. 1985 వ సంవత్సరంలో గ్రాన్ కెనేరియా (Gran Canaria) నగరంలో ఉద్యానవనాల (Botanical gardens) ను గురించి నిర్వహించిన 4 రోజుల శిఖరాగ్ర మహాసభలో దాదాపు 15,000 వివిధ జాతుల మొక్కలు విపరీత పరిస్థితుల ప్రభావానికి గురై మృత్యుముఖంలో ఉన్నాయని పలువురు వృక్షశాస్త్రవేత్తలు వ్యాకులతతో హెచ్చరించారు. ఇవే కాకుండా ఇంకా 40,000 జాతుల వివిధ మొక్కలు 21వ శతాబ్దం మధ్యకాలం వరకు నశించిపోతాయని **డా॥ పీటర్ రేవన్** (Dr. Peter Raven, Director of the Missouri Botanical Garden, St. Louis Missouri) జోస్యం చెప్పారు. బొటానికల్ సర్వే ఆఫ్ ఇండియా (BSI) వారు ఔషధయోగ్యమైన 20 మొక్కల జాబితాను తయారుచేసి, అవి త్వరలో నశించనున్నాయని హెచ్చరించారు. ***అకోరస్ కలామస్ (Acorus calamus)*** అనే విలువైన మందు మొక్క మొన్నమొన్నటి వరకు మనదేశంలో కాశ్మీరు, మణిపూరు, నాగాల్యాండ్ వంటి రాష్ట్రాలలో దొరికింది. కానీ ప్రస్తుతం ఆ మొక్క మచ్చుకైనా కనబడకుండా పోయింది. మనదేశ ఔషధాల తయారీకోసం ఈ

మొక్కను ఇతర దేశాలనుంచి దిగుమతి చేసుకుంటున్నాము. ఇది కాకుండా **డిప్లోమర్స్ హిర్సుట్ *(Diplomers hirsut)*, రావల్ఫియా సర్పెంటినా *(Rauvolfia serpentina)*, డయస్కోరియా డెల్టోయిడియా *(Diascorea deltoidea)*, ఖాఫియోపెడిలమ్ డ్రూరై *(Quaphiopedilum drurui)*, కోపిటిస్ టీట *(Copitis teeta)*, పాన్సిఫిలోరమ్ *(Pancifilorum)*** మొదలైన జాతుల మొక్కలు విపరీత ప్రమాదానికి గురికానున్నట్లు తెలుస్తుంది. పై విధంగా జంతువులు, వృక్షాలే కాకుండ మానవుని మనుగడపై కూడా పెరిగిన కాలుష్యప్రమాణాల దుష్ప్రభావం తప్పకుండా ఉంటుందని సూచనప్రాయంగా తెలుస్తుంది.

డిటర్జెంట్లు, క్రిమిసంహారక మందులు, ప్లాస్టిక్‌లు, ప్లాస్టిసైజర్లు (Plasticizers), ద్రావితాలు (Solvents), ఇంధనాలు (fuels), పూతరంగులు (paints), ఇతర రంగులు (dyes), ఔషధాలు, తినుబండారాలు (food additives) మొదలైన వెన్నో వివిధ రకాల రసాయన పదార్థాలచే మిశ్రితమైనందువల్ల వాటి స్వాభావిక లక్షణాలు మానవుని మీద హానికరమైన ప్రభావాలను చూపిస్తున్నాయి.

అణు పరిశోధనలో అనుకున్న విజయాలను సాధించినప్పటికీ కిరణధార్మికత (Radio activity) పెచ్చుపెరిగి జీవావరణ పరిసరాలు తీవ్రంగా దెబ్బతింటున్నాయి. నేటికి కూడా కిరణధార్మిక వ్యర్థ పదార్థాల (Radio active wastes) నిర్మూలనకు సరైన శాశ్వత ప్రణాళికలు చేపట్టడం లేదు. ఇదే విధంగా అనేక పారిశ్రామిక ఉప-ఉత్పాదితాలు, వ్యర్థ పదార్థాలు ఎన్నో వాతావరణంలో చేరి వాతావరణాన్ని కలుషితం చేస్తున్నాయి. ఇంధనాలు, ఎరువులు, క్రిమిసంహారక మందులు, గృహసంబంధ వ్యర్థపదార్థాలు, రసాయనాలు ఘన, ద్రవ, వాయు రూపంలో వెలువడి పర్యావరణ కాలుష్యానికి సోపానం వేస్తున్నాయి.

కాలుష్యం అంటే ఏమిటి?

భౌమావరణంలో మానవుని కార్యకలాపాల ద్వార భౌతిక-జీవ-రసాయన మార్పులేర్పడి ఘన, ద్రవ, వాయు పదార్థాల స్వచ్ఛత క్షీణించి దుష్పరిమాణాలకు దారితీయడాన్ని "కాలుష్యం" అంటారు.

కాలుష్యకాలు (Pollutants)

కాలుష్యానికి పాల్పడే వివిధ రకాల ఘన, ద్రవ, వాయు వ్యర్థపదార్థాలను 'కాలుష్యకాలు' అని అంటారు. అవి -

1. **వాయు కాలుష్యకాలు (Gaseous Pollutants) :** నైట్రిక్ ఆక్సైడ్ (No), నైట్రస్ ఆక్సైడ్ (N_2o), నైట్రోజన్ డయాక్సైడ్ (No_2), సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ (So_2), హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ (H_2S), కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ (Co) మరియు క్లోరిన్ (Cl), బ్రోమిన్ (Br), అయోడిన్ (I) మొదలైన హాలోజన్‌లు వాయుకాలుష్యకాలకు ఉదాహరణ.

2. **ఫ్లోరైడ్ సమ్మేళనాలు (Fluoride Compounds) :** ఫాస్ఫేటు ఎరువులు, అల్యూమినియమ్ ఉత్పాదితాలు, ఫ్లోరినేటెడ్ హైడ్రోకార్బనులు, ఫ్లోరినేటెడ్ ప్లాస్టిక్‌లు మొదలైనవి ఫ్లోరైడ్ సమ్మేళనాలకు ఉదాహరణ.

3. **లోహాలు (Metals) :** కాల్షియమ్ (Ca), పాదరసం (Hg), సీసం (Pb), ఇనుము (Fe), జింక్ (Zn), నికెల్ (Ni), టిన్ (Sn), కాడ్మియమ్ (Cd) మొదలైనవి లోహ కాలుష్యకాలకు ఉదాహరణ.

4. వ్యవసాయ సంబంధ కాలుష్యకాలు (Agricultural Pollutants) : పెస్టిసైడ్‌లు, హెర్బిసైడ్‌లు, ఫంగిసైడ్‌లు, ఎరువులు.

5. కర్బన సంక్లిష్ట కాలుష్యకాలు (Complex Organic Pollutants) : బెంజిన్, బెంజ్‌పైరెన్స్, అసెటిక్ ఆమ్లం, ఈథర్ మొదలగునవి.

6. ఫోటో-కెమికల్ ఆక్సిడెంట్లు (Photo-chemical Oxidants) : ఓజోన్, పెరాక్సీ అసిటైల్ నైట్రేటులు, పెరాక్సీ బెంజైల్-నైట్రేటులు, ఆల్డిహైడ్‌లు, ఇథిలీన్ మొదలైనవి.

7. కిరణధార్మిక వ్యర్థపదార్థాలు (Radioactive wastes) : యురేనియమ్ (U), థోరియమ్ (Th), X-కిరణాలు మొదలగునవి.

8. ఘనపదార్థాలు (Solid wastes) : రాళ్ళు-రప్పలు, ప్లాస్టిక్ డబ్బాలు, ఇటుకలు మొదలగునవి.

9. కర్బన పదార్థాలు (Carbon wastes) : మసి, పొగ, తారు (tar), దుమ్ము-ధూళి మొదలగునవి.

10. భౌతిక కాలుష్యకాలు (Physical Pollutants) : ధ్వని, ఉష్ణం మొదలగునవి.

కాలుష్యం - రకాలు (Types of Pollution)

భౌగోళిక కాలుష్యాన్ని సాధారణంగా ఆరు రకాలుగా విభజిస్తారు. అవి -

1. వాయు కాలుష్యం (Air Pollution)
2. నీటి కాలుష్యం (Water Pollution)
3. వ్యర్థ ఘనపదార్థాల కాలుష్యం (Solid waste Pollution)
4. కిరణధార్మిక కాలుష్యం (Radio active Pollution)
5. ధ్వని కాలుష్యం (Noise/Sound Pollution)
6. మనిషి మీద, సంఘం మీద పర్యావరణ కాలుష్య ప్రభావం (Environmental Pollution and its impact on man and society)

వీటిని గురించి వివరంగా అధ్యాయాలవారీగా తెలుసుకుందాము.

5 (i) వాయు కాలుష్యం
(Air Pollution)

భూగోళాన్ని ఆవరించి ఉన్న గాలి పొరను 'వాతావరణం' (Atmosphere) అంటారు. వాతావరణం ద్రవ్యరాశి 5,500 ట్రిలియన్ టన్నులుంటుందని అంచనా. ఈ వాతావరణం భూగ్రహం చుట్టూ సుమారు 1000 కి.మీ. ఎత్తు వ్యాపించి ఉంది. 1000 కి.మీ. తర్వాత వాతావరణం వివిధ గోళాల (Heavenly bodies) మధ్య అంతరిక్షంలో కలిసిపోతుంది. భూ ఉపరితలం నుండి వాతావరణంలో పైకి పోయినపుడు వాతావరణ సాంద్రతలోనూ, ఉష్ణోగ్రతలోనూ బేధాలుండడం వల్ల వివిధ ఎత్తులలోని వాతావరణం వేరువేరుగా ఉంటుంది.

సముద్రమట్టం వద్ద గల వాతావరణంలో దాదాపు 17 వాయువుల మిశ్రమం ఉంటుంది. దీనిలో నత్రజని వాయువు - 78.084%, ఆక్సిజన్ వాయువు - 20.9476%, ఆర్గాన్ వాయువు - 0.934%, కార్బన్‌డయాక్సైడ్ వాయువు - 0.0314%, మిథేన్ వాయువు - 0.0002%, హైడ్రోజన్ వాయువు - 0.00005%, మిగిలిన 9 వాయువులు నామమాత్రంగా ఉంటాయి. నత్రజని జడవాయువు. కొన్ని బాక్టీరియములకు తప్ప ప్రాణికోటి అవసరాలకు ఏమాత్రం ఇది ఉపయోగపడదు. జీవి శ్వాసక్రియలో ఆక్సిజన్ పాత్ర అత్యంతావశ్యకమైంది. ఇది లేకపోతే జీవి మనజాలదు. అందుకే దీనిని ప్రాణవాయువని కూడా అంటారు. కార్బన్ డయాక్సైడ్ గాఢత తక్కువే అయినప్పటికీ మొక్కలలో కిరణజన్య సంయోగక్రియలోనూ, జంతువులలో కణ సంబంధమైన ప్రక్రియలలోనూ ప్రధానపాత్ర వహిస్తుంది. మిగతా వాయువుల ప్రాధాన్యత అంతగా గోచరించదు. ఈ సహజ వాతావరణంలోని వివిధ వాయువుల నాణ్యత, పరిమాణం, నిష్పత్తులలో మార్పులు వచ్చినపుడు వాయుకాలుష్యం ఏర్పడుతుంది. ఈ వాయు కాలుష్యం ప్రభావం జీవావరణం పైన ప్రత్యక్షంగా పనిచేసి దుష్పరిమాణాలకు దారితీస్తుంది.

శాస్త్రజ్ఞులు వాతావరణాన్ని దాని సాంద్రత, ఉష్ణోగ్రత మరియు ఎత్తును బట్టి 6 పొరలుగా విభజించారు. అవి -

1. **ట్రోపావరణం (Troposphere)**
2. **స్ట్రాటోవరణం (Stratosphere)**
3. **మీసోవరణం (Mesosphere)**
4. **థెర్మోవరణం (ఉష్ణావరణం) (Thermosphere)**
5. **అయనోవరణం (Ionosphere)**
6. **ఎక్సోవరణం (Exosphere)**

1. ట్రోపావరణం (Troposphere) :

భూ ఉపరితలం నుంచి 12 కి.మీ. ఎత్తు వరకు గల వాతావరణాన్ని "ట్రోపావరణం" అంటారు. క్రమంగా భూతలం నుండి ఎత్తుకుపోయినపుడు ఉష్ణోగ్రత క్రమంగా తగ్గుతూ ఉంటుంది. వాతావరనం మొత్తం ద్రవ్యరాశిలో సుమారు సగభాగం ట్రోపావరణంలోనే ఉంటుంది. మొత్తం వాతావరణ సాంద్రతలో 75% ఇందులోనే ఉంటుంది.

2. స్ట్రాటోవరణం (Stratosphere) :

ట్రోపావరణంపైన అంటే 12 కి.మీ. ఎత్తు నుండి ప్రారంభమై దాదాపు 45 కి.మీ. ఎత్తువరకు వ్యాపించిన వాతావరణాన్ని స్ట్రాటోవరణం అంటారు. దీనిలో క్రమంగా ఎత్తుకు వెళ్ళినపుడు ఉష్ణోగ్రత క్రమంగా హెచ్చుతుంది. స్ట్రాటోవరణంలో అంటే భూతలం నుండి దాదాపు 35 కి.మీ. ఎత్తులో ఓజోన్ (O_3) పొర ఉంటుంది. ఇది జీవావరణానికి రక్షక కవచంలాగా పనిచేస్తుంది. ఇది సూర్యుని నుండి వెలువడే ప్రమాదకరమైన అతినీల లోహిత కిరణాలను (Ultraviolet rays) శోషించి సర్వప్రాణులను కాపాడుతుంది. దాదాపు 99% వాతావరణం ఈ 35 కి.మీ. లోపే వ్యాపించి ఉంది. ఓజోన్ పొర దాటిన తర్వాత అంటే 35 కి.మీ. కంటే ఎక్కువ ఎత్తులో వాతావరణం శూన్యమనే చెప్పవచ్చు.

3. మీసోవరణం (Mesosphere) :

స్ట్రాటావరణం పైన అంటే భూతలం నుండి 45 కి.మీ. ఎత్తు నుండి దాదాపు 80 కి.మీ. ఎత్తు వరకు వ్యాపించిన వాతావరణం పొరను మీసోవరణం అంటారు. ఈ వాతావరణంలో ఉష్ణోగ్రత పూర్తిగా పడిపోతుంది. ఈ పొర ద్వారా ధ్వని ప్రసారం జరగదు.

4. థెర్మోవరణం (Thermosphere) :

మీసోవరణం పైన అంటే భూతలం నుండి 80 కి.మీ. నుండి 400 కి.మీ. ఎత్తు గల వాతావరణాన్ని థెర్మోవరణం అంటారు. ఈ పొరలో ఓజోన్, కార్బన్ డయాక్సైడ్, నీటిఆవిరి వంటి పదార్థాలు లేవు. దీనిలో క్రమంగా ఎత్తుకు పోయిన కొద్దీ ఉష్ణోగ్రత క్రమంగా పెరుగుదల చూపుతుంది.

5. అయనోవరణం (Ionosphere) :

భూతలం నుండి దాదాపు 100 కి.మీ. నుంచి 500 కి.మీ. ఎత్తు వరకు గల స్వల్ప వాయువులను సూర్యకిరణాలు అయాన్లుగా విడగొట్టడం వల్ల వాయువు బాగా అయనీకరణ చెంది ఉంటుంది. ఈ అయనీకరణం చెందిన వాతావరణ పొరను "అయనోవరణం" అంటారు. ఈ పొర రేడియో ప్రసరణ తరంగాలను తిరిగి భూమికి పరావర్తనం చెందిస్తుంది. కాని తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యం గల టెలివిజన్ తరంగాలను మాత్రం పరావర్తనం చెందించలేదు.

6. ఎక్జోవరణం (Exosphere) :

భూ ఉపరితలానికి అంటే 400 కి.మీ. ఎత్తునుండి ప్రారంభమై దాదాపు 1000 కి.మీ. లేదా ఆపైన అంతరిక్షంలోకి వ్యాపించిన ఆఖరి వాతావరణ పొరను "ఎక్జోవరణం" అంటారు.

వాయు కాలుష్యం - వనరులు (The Sources of Air Pollution)

వాయుకాలుష్యానికి అనేక వనరులు ఉన్నాయి. అయితే కేవలం ముఖ్యమైన వాయుకాలుష్య వనరులను గురించి ఇక్కడ చర్చించాము. అవి -

1. **కర్బన సమ్మేళనాలు (Carbon Compounds)**
2. **సల్ఫర్ సమ్మేళనాలు (Sulphur Compounds)**

3. నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లు (Nitrogen Oxides)
4. ఓజోన్ (Ozone)
5. ఫ్లోరైడ్ సమ్మేళనాలు (Fluoride compounds)
6. హైడ్రోకార్బన్‌లు (Hydrocarbons)
7. లోహాలు (Metals)
8. కాంతి రసాయన ఉత్పాదితాలు (Photo Chemical Products)
9. విషపదార్థాలు (Toxic substances)
10. దుమ్ము-ధూళి రేణువులు (Particulate matter)

1. కర్బన సమ్మేళనాలు (Carbon Compounds)

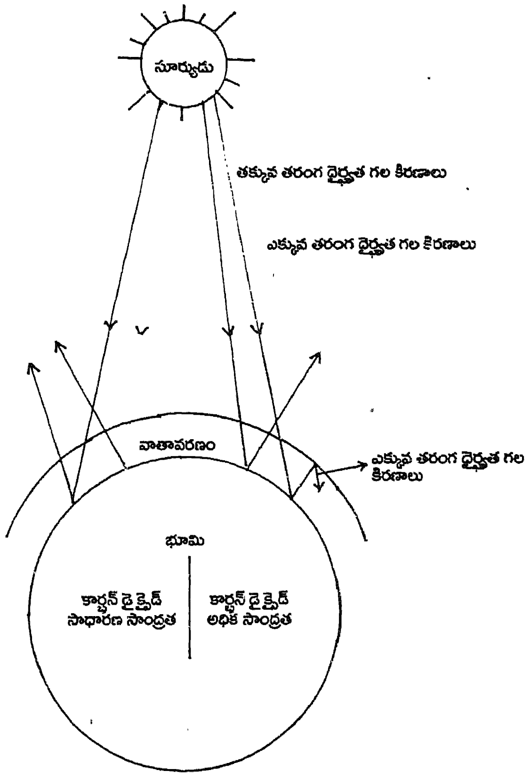
కార్బన్ డయాక్సైడ్ (Co_2), కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ (Co) అన్న రెండు వాయువులు ముఖ్యమైన కర్బన సమ్మేళనాలు.

ఎ) కార్బన్‌డయాక్సైడ్ (Carbondioxide) :

కొన్నివేల బిలియన్ సంవత్సరాల క్రితం అగ్ని పర్వతాల నుంచి వెలువడిన కార్బన్‌డయాక్సైడ్ వాయువు దాదాపు 40,000 టన్నులు వెలువడిందని అంచనాలు ఉన్నాయి. అప్పటి వాయువు నేటికీ వాతావరణంలోనే ఉన్నట్లుగా శాస్త్రవేత్తలు ఊహించకలుగుతున్నారు. భూ విజ్ఞాన కాలమానం (global time scale) ప్రకారం సుమారు 1,00,000 సంవత్సరాల క్రితం నుండి కార్బన్‌డయాక్సైడ్ ఉనికి ఉన్నట్లుగా ఆవరణశాస్త్రవేత్తలు గుర్తించారు.

శిలాజ ఇంధనాలను మండించడం వల్ల పరిశ్రమల ద్వారా, వాహనముల ద్వారా, జీవరాశుల శ్వాసక్రియ ద్వారా కార్బన్‌డయాక్సైడ్ వాయువు అత్యధిక మొత్తాలలో ఉత్పత్తి అవుతూ ప్రతిదినం వాతావరణంలోకి వెలువడుతుంది. ప్రతీ సంవత్సరం కేవలం శిలాజ ఇంధనాలు మండటం వల్ల 18×10^{12} టన్నుల కార్బన్‌డయాక్సైడ్ వాయువు వాతావరణంలో కలుస్తుంది. కార్బన్‌డయాక్సైడ్ ప్రస్తుత ఉత్పాదన రేటు ఇదే విధంగా కొనసాగినట్లైతే రానున్న 50 సంవత్సరాల కాలంలో దాదాపు కార్బన్‌డయాక్సైడ్ గాఢత 500 ppm వరకు చేరుకుంటుందని వాతావరణ పరిశోధకుల అంచనా. అయితే వాతావరణంలో కలిసిన (Co_2) వాయువు అదే విధంగా జమ చేయబడి స్థిరంగా ఉండదు. దీనిలో సుమారు సగభాగం వరకు వృక్షాలు కిరణజన్యసంయోగక్రియలో వినియోగించుకొని పిండి పదార్థాలను తయారుచేస్తాయి. కొంతభాగం కార్బన్‌డయాక్సైడ్ వాయువు సముద్రపు నీటిలో కరిగిపోతుంది. సముద్ర గర్భంలో 100 మీటర్ల లోతులో గల నీటిమొక్కలు సైతం, నీటిలో కరిగియున్న కార్బన్‌డయాక్సైడ్‌ను కిరణజన్య సంయోగక్రియలో వినియోగించుకొని, నీటి ఉపరితలాన్ని, వాతావరణాన్ని శుభ్రపరుస్తాయి.

వాతావరణంలోని ట్రోపావరణంలోనే కార్బన్‌డయాక్సైడ్ వాయువు అత్యధికంగా ఉంటుంది. కార్బన్‌డయాక్సైడ్ అధికగాఢతే వాతావరణ కాలుష్యానికి కారణం. సూర్యకిరణాలు ట్రోపావరణంలోని కార్బన్‌డయాక్సైడ్ పొరల ద్వారా చొచ్చుకొనిపోయి భూతలాన్ని తాకి ఉష్ణంగా మారతాయి. ఎక్కువ తరంగదైర్ఘ్యం గల కాంతికిరణాలు వేడిగా ఉన్న భూతలంపైన పడినపుడు, భూమి అటువంటి కిరణాలను



పటం. 5(i)1·కార్బన్‌డయాక్సైడ్‌తో హరితగృహ ప్రభావం

పరావర్తనం చెందించి తిరిగి ఆకాశంలోకి పంపిస్తుంది. కానీ ఈ పరావర్తన కిరణాలు కార్బన్‌డయాక్సైడ్ పొరను ఛేదించుకుని పోలేక కార్బన్‌డయాక్సైడ్, తేమలచే శోషించబడతాయి. ఈ విధంగా భూతల ఉష్ణం, కార్బన్ డయాక్సైడ్ ఉష్ణం, నీటిలోనున్న ఉష్ణం, అన్నీ కలిసి వాతావరణ ఉష్ణోగ్రతను పెంచుతాయి. కార్బన్‌డయాక్సైడ్ సాంద్రత, ఉష్ణోగ్రతల పెరుగుదల దృగ్విషయాన్ని 'హరితగృహ ప్రభావం' (Green house effect) అంటారు.

భౌమావరణ ఉష్ణోగ్రత పెరుగుదల మూలంగా హిమనీనదాలు (glaciers), ఆర్కిటిక్, అంటార్కిటిక్ వలయంలోని మంచుదిబ్బలు (ice caps) కరిగి సముద్రమట్టాన్ని పెంచుతాయి. నిజానికి మొత్తం మంచు కరిగినపుడు సముద్ర మట్టం దాదాపు 200 అడుగులకు పెరుగుతుందని శాస్త్రవేత్తల అంచనాల ద్వార తెలుస్తుంది. ఇట్టి పరిస్థితులే ఎదురైనపుడు బ్యాంకాక్ (Bankok), వెనిస్ (Venice) వంటి పల్లపు దేశాలు పూర్తిగా నీటిలో మునిగిపోగలవు. సముద్ర మట్టం 50 సెం.మీ నుండి 100 సెం.మీ. పెరిగినపుడే బంగ్లాదేశ్, పశ్చిమ బెంగాల్ వంటి పల్లపు ప్రదేశాలకు వరదల తాకిడి వచ్చింది. సముద్ర జీవశాస్త్రవేత్త మరియు యునైటెడ్ నేషన్స్ ఎన్విరాన్‌మెంట్ ప్రోగ్రామ్స్ సెంటర్ ఆన్ ఓషన్ అండ్ కోస్టల్ ఏరియాస్ అధిపతి (**Stephen keches,** Yugoslavian Marine biologist and Head of the United Nations

environment programmes centre on ocean and coastal areas) అయిన స్టీఫెన్ కెక్స్ రానున్న 30 సంవత్సరాలలో సముద్రాల మట్టం 1.5 మీటర్ల నుండి 3.5 మీటర్ల వరకు హెచ్చి బోస్టన్ నుండి బొంబాయి వరకు మొత్తం ప్రపంచ దేశాలన్ని నీటిలో మునుగనున్నట్లు హెచ్చరిస్తున్నారు. అయితే దీనికి ప్రత్యామ్నాయ పద్ధతులను ఆలోచించాల్సిందని వారు అంటున్నారు. 1987లో క్రొత్త ఢిల్లీలో నిర్వహించిన పబ్లిక్ ఔట్‌రీచ్ (Public out reach) గురించిన రెండు రోజుల సమావేశంలో **శ్రీమతి గ్రో హార్లెమ్ బ్రండ్ట్‌ల్యాండ్,** వరల్డ్ కమీషన్ ఆన్ ఎన్విరాన్‌మెంట్ అండ్ డెవలప్‌మెంట్ చైర్మన్ మరియు నార్వే ప్రధానమంత్రి **(Mrs. Gro Brundt land,** Chairman, World commission on Environment and development and Prime minister of Norwey) గారు మాట్లాడుతూ సముద్ర నీటి మట్టాలు పెరగడం వల్ల కలకత్తా, ఢాకా వంటి పట్టణాలు, పల్లపుప్రదేశాలు నీటిలో మునుగుతాయనీ, వరదలకు, తుఫానులకు తరచూ గురవుతాయని హెచ్చరించారు. తుఫాన్లు, వరదల వల్ల భూసారం తగ్గి, శీతోష్ణ పరిస్థితులు, వాతావరణం పూర్తిగా మారిపోయి, వ్యవసాయం, ఆహార ఉత్పత్తులు ప్రపంచ వ్యాప్తంగా దెబ్బతింటాయని పలువురు వక్తలు తమ అభిప్రాయాలను వెలిబుచ్చారు.

జి.యన్. ప్లాస్ (G.N. Plass) వాతావరణంలోని ప్రస్తుత కార్బన్ డయాక్సైడ్ రెండింతలైనపుడు సరాసరి భౌగోళిక ఉష్ణోగ్రత 6.5^{0}F వరకు పెరుగుతుందని అంచనాలు వేశారు. 1885 నుండి 1940 వరకు సరాసరి ఉష్ణోగ్రత 0.9^{0}F పెరిగినట్లు రికార్డులు ఉన్నాయి. ఆ తర్వాత 1940 నుండి 1960 వరకు 0.2^{0}F ఉష్ణోగ్రత తగ్గింది. మొత్తం మీద 134 ఏండ్ల నుండి 1982 వరకు 0.7^{0}C ఉష్ణోగ్రత పెరిగినట్లు దాఖలాలున్నాయి. అయితే కేవలం 1980, 1981, 1982 మూడు సంవత్సరాల కాలంలో అత్యధిక స్థాయిలో ఉష్ణోగ్రత పెరిగింది. అందుకే ఈ మూడు సంవత్సరాలను అత్యధిక ఉష్ణ సంవత్సరాలు (Warmest years) అంటారు. యూరోపియన్ సమావేశాల్లో (European meetings) పలువురు వక్తలు మాట్లాడుతూ 2050 సంవత్సరం వరకు భౌగోళిక ఉష్ణం 1.5^{0}C నుండి 4.5^{0}C వరకు పెరగవచ్చని జోస్యం చెప్పారు.

బి) కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ (Carbonmonoxide) :

అతి ప్రమాదకరమైన కాలుష్యకాలలో కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ (Co) వాయువు ఒకటి. 80% కార్బన్‌మోకాక్సైడ్ ఆటోమొబైల్ యంత్రాల నుంచి వాతావరణంలోకి వెలువడుతోంది. 1965 సంవత్సరంలో U.S.Aలోని ఆటోమొబైల్ యంత్రాల ద్వారా దాదాపు 66 మిలియన్ టన్నుల కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువు వాతావరణంలో కలిసింది. ఇది మొత్తం కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువులో 91% వరకు ఉంటుందని అంచనా. 1971లో లాస్ ఏంజిల్స్ (Los Angeles) నగరంలో ప్రతిరోజు 8960 టన్నుల కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువు వివిధ ఆటోమొబైల్ యంత్రాల ద్వారా వెలువడింది. ఇది 98% మొత్తం కార్బన్‌మోనాక్సైడ్‌కు సమానం. కిరోసిన్ స్టౌవ్‌లు (Kerosene stoves), కొలిములు (Furnances), బహిరంగ మంటలు (Open fires), అడవి మంటలు (Forest fires), బొగ్గు గనుల మంటలు (burning coal mines), కర్మాగారాలు (factories), శక్త్యాగారాలు (power houses), అంతర్గత మంటలు గల యంత్రాలు (internal combustion engines) మొదలైన వనరుల ద్వారా కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువు విపరీతంగా వెలువడుతుంది. భారతదేశంలో కూడా కలకత్తా, బొంబాయి, ఢిల్లీ, కాన్పూరు మొదలైన మహానగరాలలో మోటారు వాహనాలు, వివిధ పరిశ్రమల ద్వారా ఎక్కువ మొత్తాలలో కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువు

వెలువడుతుంది. కాశ్మీరీ గుడిసె వాసుల బొగ్గు మంటలు కూడా కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ విడుదలకు కారణమవుతున్నాయి. బొగ్గు పూర్తిగా మండకపోవడం వల్ల కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువు ఉత్పన్నమవుతుంది. పై వనరులే కాకుండ జీవరాశుల ద్వార కూడా వివిధ రకాలుగా కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువు వెలువడుతుంది. ఉన్నతశ్రేణి జంతువులలో హిమోగ్లోబిన్ (Hemoglobin) పదార్థం జీవక్రియలో విచ్ఛిన్నమైనపుడు కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువు వెలువడుతుంది. ప్రతిమానవుడు గంటకు 0.4 మిల్లీలీటర్ల కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువును ఉత్పత్తి చేస్తున్నాడట. శైవలాల సంబంధమైన మొక్కలలో క్లోరోఫిల్ విచ్ఛిత్తి జరిగినపుడు పెద్ద మొత్తాలలో కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాతావరణంలోకి విడుదల అవుతుందని తేలింది. ప్రతి సంవత్సరం వృక్షాల వల్ల మొత్త 10^8 టన్నుల కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వెలువడుతుందని అంచనాలు చెబుతున్నాయి.

పెద్ద పెద్ద మహానగరాలలో కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువు గాఢత 5 ppm నుండి 50 ppm వరకు ఉండగలదు. క్రిక్కిరిసిన రద్దీగల రహదారులపై ఈ వాయువు గాఢత 100 ppm వరకు కూడా ఉన్నట్లు తెలుస్తుంది. పట్టణాలలో పగలు 12 గంటల నుండి సాయంత్రం 6 గంటల వరకు ఈ వాయువు గాఢత అధికంగా ఉంటుంది. భౌమావరణంలో కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ గాఢత 0.1 ppm కంటే మించలేదని అంచనాలు తెలుపుతున్నాయి.

కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువుకు రంగు, రుచి, వాసన లేకపోవడం వల్ల దీనిని గుర్తించేటపుడు విపరీత ప్రభావాలకు లోను కావలసివస్తుంది. ఈ వాయువు 1000 ppm గాఢతలో ఉంటే ప్రాణ సంకటమేర్పడుతుంది. ఈ గాఢతలో ఒక గంట కాలం పాటు ఉన్నపుడు స్పృహ తప్పిపోవడం, ఆ తర్వాత 3, 4 గంటలలో చనిపోవడం జరుగుతాయి. 200 ppm గాఢతలో నున్న కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువులో అరగంట కాలం శ్వాసించినపుడు పరిస్థితి విషమించి ప్రాణాంతకమైన లక్షణాలు ఏర్పడతాయి. కార్బన్‌మోనాక్సైడ్‌ను పీల్చినపుడు ఇది ఊపిరితిత్తుల రక్తంలోని హిమోగ్లోబిన్‌తో చర్యనొంది కార్బాక్సీహిమోగ్లోబిన్ (Carboxyhemoglobin) గా మారుతుంది.

Co	+	Hb	$\longrightarrow$	CoHb
కార్బన్‌మోనాక్సైడ్		హిమోగ్లోబిన్		కార్బాక్సీహిమోగ్లోబిన్

కార్బాక్సీహిమోగ్లోబిన్ వల్ల రక్తం చెడిపోయి ఆక్సిజన్ (O_2) వాయువు జీవకణాలకు అందక ఆక్సిజన్ లోటు ఏర్పడుతుంది. ఈ ఆక్సిజన్ లోటును 'హైపోక్సియా' (Hypoxia) అంటారు. హైపోక్సియా ఏర్పడటం మూలంగానే కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువును ప్రాణాంతకమైన విషపదార్థంగా పేర్కొంటారు.

కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ ప్రభావాలు

UNEP వారు 8 గంటల వరకు అనుమతించిన కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువు అత్యధిక గాఢత 50 ppm. అదే విధంగా 5000 అడుగుల నుంచి 8000 అడుగుల ఎత్తులో కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువు ప్రభావాన్ని గుర్తించటానికి గాను 25 ppm గాఢత గల కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువును అనుమతించి సిఫార్సు చేయడం జరిగింది. 4 గంటలలో 30 ppm గాఢతలోనున్న కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువు శరీరంలోని 5% హిమోగ్లోబిన్ రక్తాన్ని కార్బాక్సీహిమోగ్లోబిన్‌గా మార్చివేయగలదు. కార్బాక్సీహిమోగ్లోబిన్ గాఢత 1% నుంచి 4% లోపల ఉన్నపుడు సెరెబ్రల్ అనోక్సియా (Cerebral anoxia) ఏర్పడి మెదడుదెబ్బతిని, కంటిచూపు

తగ్గి, మతిచాంచల్యానికి దారి తీస్తుంది. 50 ppm గాఢత గల కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువును శ్వాస ద్వారా పీల్చినపుడు, అది చెవి గూబలపైన విపరీతమైన ప్రభావాన్ని చూపించి, చెవుడుకు దారి తీస్తుంది. అధిక గాఢత గల కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువులో స్వల్పకాలమే శ్వాసించినప్పటికీ నాడీ మండలం, శ్వాసకోశాల రక్తప్రసరణకు విఘాతం కలుగుతుంది. కరోనరి ధమని వ్యాధి (Coronary Artery disease) గల రోగి తక్కువ గాఢత గల కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువును శ్వాసించినపుడు గుండె సంబంధమైన జీవక్రియలు (Mycocardial metabolism) దుష్ప్రభావానికి గురవుతాయి. ప్రాణాపాయం లేని అత్యల్ప నామమాత్రపు గాఢతలోనున్న కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువును ఎక్కువకాలం పీల్చినపుడు అనేక రకాల నష్టాలు వాటిల్లుతాయి. ప్రజారోగ్యశాఖ - కాలిఫోర్నియా (California Department of Public health) వారు 120 ppm గాఢతలో నున్న కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువులో ఒక గంటకాలం లేదా 30 ppm గాఢతలో నున్న కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువులో 8 గంటల కాలం పీల్చినపుడు ప్రాణాపాయకరమైన తీవ్రపరిణామాలకు గురవుతారని హెచ్చరించారు. తరచూ ధూమపానానికి అలవడిన వారిలో 8% హీమోగ్లోబిన్ పెరిగినట్లు శాస్త్రజ్ఞులు పేర్కొన్నారు. 10% కార్బాక్సీహీమోగ్లోబిన్ గల ధూమపాన ప్రియులు (Cigarette smokers) కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువును తట్టుకునే శక్తిని కోల్పోతారు. తరచూ పొగ త్రాగే స్త్రీలకు జన్మించినబిడ్డలు పొగత్రాగని స్త్రీల బిడ్డల కంటే తక్కువ బరువు ఉన్నట్లు పరిశోధనల్లో తేల్చింది. పొగ పీల్చే వారిలో పొగపీల్చిన కొద్ది నిమిషాలకే సెంటు ఘనపరిమాణంలో గల ఎర్ర రక్తకణాలలో (per cent volume of red blood cells) హిమటోక్రిట్ (hematocrit) పెరుగుతున్నట్లు తెల్పింది. అధికంగా పొగ పీల్చేవారిలో హిమటోక్రిట్ అధికంగా పెరగడం వల్ల రక్తం గడ్డకట్టుకొనే గుణం అధికమవుతుంది. అభివృద్ధి చెందిన దేశాలలో తరచూ పొగపీల్చే వారిలో 80% ఊపిరితిత్తుల క్యాన్సర్, 75% శ్వాసకోశ వ్యాధులు, 25% గుండె సంబంధ వ్యాధులు, ఇతర వ్యాధులకు గురై మరణిస్తున్నట్లు పరిశోధనలలో తేలింది. అయితే **డా॥ యం. సాండ్లర్** (Dr. M. Sandler, Neurologist) పొగత్రాగడం వల్ల ఉత్పన్నమైన పైరిడిన్ (Pyridine) అనే రసాయన పదార్థం భయంకరమైన పార్కిన్‌సన్ వ్యాధి (Parkinson's disease) నిరోధానికి ఉపయోగపడుతుందని సెలవిచ్చారు. పొగపీల్చే వారితో సహవాసం చేసే పొగపీల్చని వారికి కూడా కాన్సరు, గుండెపోటు వంటి వ్యాధులు సంక్రమిస్తాయని తెలుస్తుంది. **శ్రీమతి గన్‌పామ్** (Mrs. Gun Palm) స్టాక్‌హోమ్ నగరంలో దినమంతా పొగపీల్చే సహచరులతో పనిచేసి 1952వ సంవత్సరంలో తన 55వ ఏట ఊపిరితిత్తుల కాన్సర్ వ్యాధితో మరణించింది.

సాధారణంగా మొక్కలు కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ ప్రభావానికి గురికావు. అయితే 1000 ppm నుండి 10,000 ppm గాఢతలో నున్న కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ వాయువు మాత్రం ఆకుమడతను కలుగజేయడం, పత్రాలు-ఫలాల పరిమాణాన్ని తగ్గించడం, పత్రాలు, పుష్పాలు, ఫలాలు పరిపక్వదశకు రాకముందే రాల్చడం వంటి హానికరమైన చర్యలకు పాల్పడుతుంది. కార్బన్‌మోనాక్సైడ్ మూలంగా వృక్షాలలో శ్వాసక్రియకు అంతరాయమేర్పడవచ్చు.

2. సల్ఫర్ సమ్మేళనాలు (Sulphur Compounds)

కార్బోనిల్ సల్ఫైడ్ (CoS), కార్బన్‌డై సల్ఫైడ్ (CS_2), డైమిథైల్ సల్ఫైడ్ [$(CH_3)_2$ S], హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ (H_2S), సల్ఫర్ డయాక్సైడ్ (So_2), సల్ఫేటు (So_4^{2-}) మొదలైన రూపాలలో సల్ఫర్ సమ్మేళనాలు

వాతావరణంలో ఉంటాయి. సల్ఫర్‌తో కూడిన బొగ్గు, పెట్రోలియం వంటి పదార్థాలు మండటంవల్ల సల్ఫర్ సంబంధమైన విషపూరిత ఆక్సైడ్‌లు వెలువడి వాతావరణ కాలుష్యానికి ప్రధాన కారణమవుతున్నాయి. దాదాపు 80% సల్ఫరు హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ వాయువు ద్వారా సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్‌గా ఏర్పడుతుంది. ఈ సల్ఫర్ డయాక్సైడ్ నీటితో కలిసి సల్ఫ్యూరస్ ఆమ్లం (H_2So_3) గా మారి క్రమంగా సల్ఫ్యూరిక్ ఆమ్లం (H_2So_4) గా ఏర్పడతాయి. సల్ఫర్ డయాక్సైడ్, హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ అనే రెండు ముఖ్యమైన సల్ఫర్ సమ్మేళనాలను ఇక్కడ చర్చించాము.

1) సల్ఫర్ డయాక్సైడ్ (Sulphur dioxide) :

ఇది రంగులేని వాయువు. ఇది తీవ్రమైన ఘాటు వాసనను కల్గి ఉంటుంది. పరిశ్రమలు, కొలిములు, శిలాజ ఇంధనాలు మండటంవల్ల ఈ వాయువు 75% ఉత్పన్నమై వాతావరణంలో కలుస్తోంది. దాదాపు 25% సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ వాయువు పెట్రోలియం శుద్ధిచేసే కర్మాగారాలనుంచి వెలువడుతుంది. U.S.A. లో 1970 సంవత్సరంలో 37 మిలియన్ టన్నుల సల్ఫర్ డయాక్సైడ్ విడుదల కాగా, 1990 నాటికి ఇది 95 మిలియన్ టన్నులకు చేరుకుంది. భారతదేశంలో 1979లో సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ 6.76 మిలియన్ టన్నులు కాగా ఇది 2000 నాటికి 13.19 మిలియన్ టన్నులకు పెరగనున్నట్లు అంచనా వేశారు (కుమార్, శర్మ 1981).

సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ గాఢత వల్ల కండ్లు, శ్వాసకోశాలు మంటగా ఉంటాయి. శ్వాసక్రియలో సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ వాయువును పీల్చినపుడు ముక్కు రంధ్రాలలోని తేమలో కరిగి, సల్ఫ్యూరిక్‌ఆమ్లంగా మారడం వల్ల ముక్కు రంధ్రాలు వాచి శ్వాసక్రియకు ఆటంకం ఏర్పడుతుంది. ముక్కు రంధ్రాల ద్వారా మ్యూకస్ (Mucus) స్రవిస్తుంది. 1 ppm గాఢత గల వాయువును పీల్చినపుడు శ్వాసరంధ్రాలు పూర్తిగా మూసికొనిపోతాయి. పొగమంచు ఏర్పడినపుడు సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ పొగమంచు తేమతో చర్యనొంది సల్ఫ్యూరిక్ ఆమ్లంగానూ, సల్ఫేటు అయాన్లుగానూ ఏర్పడి జీవులను తీవ్ర ప్రమాదాలకు గురిచేస్తాయి. సల్ఫ్యూరిక్ ఆమ్లం, సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ కంటే 20 రెట్లు ఎక్కువ ప్రభావాన్ని చూపిస్తుంది. సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ వాయువు ఉన్నతశ్రేణి మొక్కల పత్రాలపై కణజాల క్షయపు మచ్చలను (Necrotic lesion) ఏర్పరుస్తుంది. 5 ppm గాఢతలోనున్న సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ వాయువు ఆపిల్, ఆల్ఫా-ఆల్ఫా, పత్తి, ద్రాక్ష, ఇతర ధాన్యాల వంటి పంటలకు పెద్దమొత్తంలో నష్టాన్ని కలుగజేస్తుంది. ఈ వాయువు ఎక్కువకాలం మొక్కలకు సోకినపుడు పత్రాలు నిర్హరితంగా మారి తెల్లబడి, మరణిస్తాయి. దీనివలన పంట దిగుబడి గణనీయంగా తగ్గిపోతుంది. 1910, 1911 సంవత్సరాలలోఆనకొండ (Anaconda), మొంటానా (Montana), ట్రెయిల్ (Trail), బ్రిటిష్ కొలంబియా (British Columbia) వంటి దేశాలలో లోహాలను కరిగించే కర్మాగారాల (Smelters) ద్వారానూ, ఇటుక బట్టీల (Brick Kelns) ద్వారాను వెలువడిన సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ వాయువు గాఢతకు అధిక శాతం పంటలు దెబ్బతిన్నాయి. **రావు** మరియు **లీ** (Rao & Le) వివిధ గాఢతలు గల సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ ప్రభావాన్ని బ్రయోఫైట్ మొక్కలపై పరీక్షించి, ఎక్కువ గాఢతలో మొక్కలు చనిపోయినట్లు గమనించారు. **బ్లాంక్** (Blank, 1966) సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ కాలుష్యానికి బ్రయోఫైట్ మొక్కలు సూచికగా (indicator) పనిచేస్తున్నట్లు భావించారు.

సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ వాయువు పత్రరంధ్రాల ద్వారా పత్రాంతరంలో ప్రవేశించి. నీటిలో కరిగి, సల్ఫ్యూరిక్ ఆమ్లంగానూ, సల్ఫేట్లుగానూ మారి పత్రాలను నశింపచేస్తాయి. సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ ప్రభావం వల్ల నాపరాయి, చలువరాయి (Lime stone) తో నిర్మితమైన అద్భుతమైన కట్టడాలు, విగ్రహాలు చాలా వరకు నశిస్తున్నాయి.

బి) హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ (Hydrogen Sulphie) :

తక్కువ లోతుగల నీటి గుంటలు, సముద్రతీర ప్రాంతాల వంటి పరిసరాలలో జంతు,వృక్ష మృతకళేబరాలు, ఆకులు, వేళ్ళు, చెత్త చెదారం వంటి కుళ్ళుతున్న పదార్థాల నుండి హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ వాయువు వెలువడి వాతావరణంలో కలుస్తుంది. ఇవే కాకుండా అగ్ని పర్వతాల నుంచి లావా స్రవించినపుడు, మురికి కాలువల నుంచి, బొగ్గు గనుల నుంచి, సల్ఫర్‌చెలమల (Sulphur Springs) నుంచి కూడా హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ వాయువులు వెలువడతాయి. భూభాగ వనరుల నుంచి సంవత్సరానికి 60 నుండి 80 మిలియన్ టన్నుల వరకు, సముద్రావరణం నుంచి సంవత్సరానికి 30 మిలియన్ టన్నుల వరకు హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ వాయువులు విరివిగా వెలువడుతున్నట్లు అంచనాలు ఉన్నాయి. పరిశ్రమల నుంచి సంవత్సరానికి 3 మిలియన్ టన్నుల హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ వాయువులు వెలువడుతున్నాయి.

హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ వాయువు ప్రభావాలు

ఇది రంగులేని, మురిగిన గుడ్ల వాసన గల విషవాయువు. హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ వాయువు తక్కువ గాఢతలలోనైనా సరే తలనొప్పి, వాంతులు, అలసట, మూర్ఛ కలగచేయడంతోబాటుగా మరణం వంటి మహావిపత్తుకు కూడా దారితీస్తుంది. 5 ppm గాఢతలో హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ వాయువు ఆకలిని క్షీణింపజేస్తుంది. 150 ppm గాఢతలో కంటిపాపలను (conjuctivitis), కంటి పొరలను (Mucus membranes) నశింపజేయగలదు. 550 ppm గాఢత గల వాయువులో 15 నుంచి 30 నిమిషాలు ఉన్నప్పుడు తీవ్రమైన కడుపునొప్పి (Colic), అతిసారం (diarrhoea), కఫవాతం (bronchial pneumonia) వంటి ఆకస్మిక పరిణామాలు ఏర్పడుతాయి. 700 ppm నుండి 900 ppm గాఢతలో నున్నప్పుడు కొద్ది సెకన్లలోనే మరణించే అవకాశాలు ఉంటాయి. హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ వాయువు శ్వాసరంధ్రాల ద్వారా, ఊపిరితిత్తులలో ప్రవేశించి, వెంటనే రక్త ప్రవాహంలో కల్సిపోయి శ్వాసక్రియ నిలిచిపోయి, మరణం సంభవిస్తుంది. 8 గంటల వరకు హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ గాఢత 20 ppm కంటే మించినపుడు పరిస్థితులు పూర్తిగా విషమిస్తాయి.

3. నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లు (Nitrogen Oxides)

నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్ వాయువులు కొద్ది గాఢతలో సహజీవావరణంలో ఉంటాయి. నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్ వాయువులలో 95% నైట్రిక్ ఆక్సైడ్ (No), 5% నైట్రోజన్ డయాక్సైడ్ (No_2), 1% కంటే తక్కువ నైట్రస్ ఆక్సైడ్ (N_2o), ఇతరాలు ఉంటాయి. పట్టణ ప్రాంతాలలో దాదాపు 46% నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్ వాయువులు పలు రవాణా ప్రక్రియల ద్వారా, 25% విద్యుదుత్పాదన పద్ధతుల ద్వారా, 29% వివిధ వనరుల ద్వారా వాతావరణంలోకి వెలువడుతున్నాయి. శిలాజ ఇంధనాలు మండటం వల్ల, పరిశ్రమల నుండి కూడా నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లు కొద్ది మోతాదులలో విడుదల అవుతున్నాయి. నైట్రిక్ ఆక్సైడ్, నైట్రోజన్ డయాక్సైడ్, నైట్రస్ ఆక్సైడ్ అనే ఈ మూడు ముఖ్యమైన నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లను ఇక్కడ చర్చించాము.

ఎ) నైట్రిక్ ఆక్సైడ్ (Nitric Oxide) :

ఇది రంగులేని వాయువు. నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్ వాయువులన్నింటిలోకి నైట్రిక్ ఆక్సైడ్ వాయువు కీలకమైన పాత్ర వహిస్తుంది. సహజంగా మేఘాలు రాపిడివల్ల మెరిసినపుడు లేదా ఆక్సిజన్, నైట్రోజన్ వాయువులు మండినపుడు ఈ వాయువు వెలువడుతుంది.

$$N_2 + O_2 \longrightarrow 2NO$$

నైట్రోజన్   ఆక్సిజన్   నైట్రిక్ ఆక్సైడ్

నేలల్లో బాక్టీరియమ్‌ల వల్ల అమ్మోనియా ఆక్సీకరణ చెంది నైట్రిక్ ఆక్సైడ్‌గా ఏర్పడుతుంది.

$$4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow{\text{బాక్టీరియా}} 4NO + 6H_2O$$

అమ్మోనియా   ఆక్సిజన్   నైట్రిక్ ఆక్సైడ్   నీరు

నైట్రిక్ ఆక్సైడ్ వాయువు నత్రికామ్లం తయారీలో, ఇతర రసాయనిక ప్రక్రియలలో పారిశ్రామిక రంగం నుండి పెద్ద మొత్తంలో విడుదలవుతుంది. అంతే కాకుండా అధిక ఉష్ణోగ్రతలో మండుతున్న గ్యాసోలిన్ (gasoline) వాయువు నుండి కూడా ఇది పెద్దమొత్తంలోనే వెలువడుతుంది.

ఈ నైట్రిక్ ఆక్సైడ్ వాయువు వాతావరణంలోని ఇతర రసాయన చర్యల పరంపరలకు లోనై విషప్రాయమైన నైట్రోజన్ డయాక్సైడ్‌ను విడుదల చేస్తుంది. ఇది వాతావరణంలో అనేక కాంతి రసాయన (Photochemical Reactions) చర్యలకు లోనై వివిధ కర్బన పదార్థాలతోకలిసి పెరాక్సీ అసిటైల్ నైట్రేట్ (PAN), ఓజోన్ (O_3), కార్బోనిల్ సమ్మేళనాల (Carbonyl Compounds) వంటి ద్వితీయ కాలుష్యకాల ఉత్పాదనకు తోడ్పడుతుంది. వాతావరణంలో నైట్రిక్ ఆక్సైడ్ వాయువుల పాత్ర, వాయుకాలుష్యం గూర్చి అనేక వ్యాసాలు వెలువడ్డాయి. (Stephens, 1961; Altshuller and Bufalini, 1965; Demorjian *et al* 974; Petts and Finlayson, 1975; Tuesday, 1976; Suzuki *et al*, 1978). ఈ పరిశోధకులు తమ వ్యాసాలలో నైట్రిక్‌ఆక్సైడ్ ప్రభావం వల్ల వాయు కాలుష్య దుష్పరిణామం ఎంతవరకుంటుందనేది పూర్తిగా తెలుపలేదు. అయినప్పటికీ ఈ వాయువువల్ల కలుషితమైన వాతావరణం జీవులపైన అనారోగ్య సంబంధమైన దుష్పరిణామాలను చూపుతుందనడంలో సందేహం లేదని చెప్పవచ్చు.

బి) నైట్రోజన్ డయాక్సైడ్ (Nitrogen dioxide) :

నైట్రిక్ ఆక్సైడ్ వాయువు, గాలిలోని ఆక్సిజన్ (O_2) తో కలిసినపుడుగాని, లేదా ఓజోన్ (O_3) తో కలిసినపుడు గాని విషపూరితమైన నైట్రోజన్ డయాక్సైడ్ వాయువు ఏర్పడుతుంది.

నైట్రోజన్ డయాక్సైడ్ ఎరుపు గోధుమ వర్ణాన్ని కలిగిఉంటుంది. మహానగరాలలో ఈ వాయువు మూలంగానే కాంతి రసాయన పొగమంచు ఏర్పడుతుంది. 1 ppm గాఢతలో నున్న నైట్రోజన్ డయాక్సైడ్ వాయువును స్వల్పకాలం శ్వాసించినట్లైతే శ్వాసకోశాలలో (Alveoli) బాధతో కూడిన 'ఎంఫిసెమ' (Emphysema) అన్న వ్యాధి సోకుతుంది. దీనివల్ల ఊపిరితిత్తులలో ఒకవిధమైన ద్రవపదార్థం ప్రవించబడి శ్వాసనిలిచిపోతుంది. 1 ppm నుండి 3 ppm గాఢతలో ఎక్కువకాలం లేదా 5 ppm గాఢతలో 8 గంటల కాలం జీవరాశులు సంచరించినపుడు మరణానికి గురవుతాయని మాక్జిమమ్ అల్లోవబుల్ కాన్‌సెంట్రేషన్ (MAC) వివరాల ద్వార తెలుస్తుంది. 20 ppm గాఢతలో కొద్ది క్షణాలలోనే ప్రాణహాని కల్గుతుంది.

సిగరెట్లలో, చుట్టలలో 330 ppm నుండి 1500 ppm గాఢత గల నైట్రోజన్ డయాక్సైడ్ వాయువులుంటాయి. అందువల్లనే పొగత్రాగే వారికి తరచూ శ్వాసకోశవ్యాధులు సంక్రమిస్తాయి.

నైట్రోజన్ డయాక్సైడ్ వాయువు మొక్కలకు హానికరమైంది. 0.3 ppm నుండి 0.5 ppm గాఢతలో 10 నుండి 20 రోజుల వరకు మొక్కలనుంచినపుడు మొక్కల పెరుగుదల నిలచిపోతుంది. 1 ppm గాఢతలో 8 గంటల కాలంలోనే పెరుగుదల ఆగిపోతుంది. 4 ppm నుండి 8 ppm గాఢతలో 1 నుండి 4 గంటలకాలంలో మొక్కల పత్రాలు దెబ్బతిని నశిస్తాయి.

సి) నైట్రస్ ఆక్సైడ్ (Nitrous Oxide) :

సహజావరణంలో నైట్రస్ ఆక్సైడ్ వాయువు దాదాపు 0.50 ppm గాఢతలో ఉంటుంది. భౌమావరణంలో నైట్రిక్ ఆక్సైడ్ సరాసరి గాఢత 0.25 ppm ఉన్నట్లు అంచనాలు ఉన్నాయి. అయితే ఈ నామమాత్రపు గాఢతలో నున్న నైట్రస్ ఆక్సైడ్ వాయువు, వాయుకాలుష్యానికి దోహదపడదని శాస్త్రజ్ఞుల అభిప్రాయం.

ఆమ్ల వర్షాలు (Acid Rains) :

ఆమ్ల వర్షాలలో సల్ఫ్యూరిక్ ఆమ్లం, నత్రికామ్లం అనే రెండు అకర్బన శక్తివంతమైన ఆమ్లాలు ప్రధానంగా కనిపిస్తాయి. వివిధ కర్మాగారాలలో, యంత్రాలలో, పరిశ్రమలలో, వాహనాల నుంచి నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లు, సల్ఫర్ ఆక్సైడ్‌లు పొగగొట్టాల ద్వారా వాతావరణంలోకి విడుదలవుతాయి. ఈ ఆక్సైడ్‌లు దీర్ఘకాలంగా వాతావరణంలో ఉండడం వల్ల ఆక్సీకరణ (Oxidation) జరిగి సల్ఫ్యూరికామ్లం, నత్రికామ్లంగా ఏర్పడతాయి.

$3NO_2$	+	H_2O	⟶	$2HNO_3$	+	NO
నైట్రోజన్ డయాక్సైడ్		నీరు		నత్రికామ్లం		నైట్రిక్‌ఆక్సైడ్
$2SO_2$	+	O_2	⟶	$2SO_3$		
సల్ఫర్ డయాక్సైడ్		ఆక్సిజన్		సల్ఫర్‌ట్రయాక్సైడ్		
SO_3	+	H_2O	⟶	H_2SO_4		
సల్ఫర్ ట్రయాక్సైడ్		నీరు		సల్ఫ్యూరిక్ ఆమ్లం		

పై విధంగా ఏర్పడిన నత్రికామ్లం, సల్ఫ్యూరిక్ ఆమ్లం వాతావరణంలోని తేమలో కరిగిపోయి తిరిగి మంచురూపంలో ఆమ్ల వర్షాలు కురుస్తాయి. లేదా ఇవి ఒక్కొక్కసారి వాతావరణంలోని మేఘాలలోనే లేదా పొగమంచులోనే కొంతకాలం ఆగి ఉండవచ్చు. వర్షాకాలంలో మాత్రం ఈ ఆమ్లాలు వర్షపు నీటిలో పూర్తిగా కరిగి వర్షంతో పాటు భూఉపరితలాన్ని చేరతాయి.

ఆమ్ల వర్షాలు కురిసినపుడు అవి విపరీత దుష్పరిణామాలకు దారితీస్తాయి. నేలల్లో ఆమ్లత్వాన్ని పెంచి జీవుల మనుగడనే దెబ్బతీస్తాయి. వ్యవసాయ పంటల ఉత్పాదన తగ్గిపోతుంది. అడవులు నశిస్తాయి. అపురూప పురావస్తువులు (monuments), శిలావిగ్రహాలు (statues), వంతెనలు, కంచెతీగలు, రైలుపట్టాలు (railings), అద్భుత భవనాల వంటి అనేక కట్టడాలు ఆమ్ల వర్షాలకు బలైపోతున్నాయి. ప్రపంచంలో ఆమ్లవర్షాల మూలంగా ప్రతి సంవత్సరం దాదాపు 1450 మిలియన్ డాలర్ల విలువైన

కట్టడాలు, వస్తువులు తరిగిపోయి నష్టపడుతున్నాయి. సెయింట్‌పాల్ కాథెడ్రెల్‌లో శిలాకట్టడాలు (stone work) ప్రతి 100 సంవత్సరాలకు ఒక అంగుళం తరిగిపోతున్నాయి. సల్ఫ్యూరిక్ ఆమ్ల వర్షం వల్ల బ్రిటిష్ పార్లమెంట్ భవనం తీవ్రంగా దెబ్బతింది.

ఆమ్ల వర్షాల వల్ల నేలలోని కాల్షియమ్ (Ca), పాదరసం (Hg) వంటి భారలోహాలు (heavy metals), వివిధ శిలలు కరిగిపోయి, నీటి ప్రవాహంతో బావులు, చెరువులు, సరస్సులు, నదులు, సముద్రాల వంటి జలాశయాలలోని ప్రవేశించి నీటిని కలుషితం చేస్తున్నాయి. ఆమ్లీకృతమైన సరస్సులలో కాడ్మియమ్ (Cd), సీసం (Pb), అల్యూమినియమ్ (Al), మాంగనీసు(Mn), జింక్ (Zn), రాగి (Cu), నికెల్ (Ni) మొదలైన లోహాలు కూడా అధిక మోతాదుల్లో ఉన్నట్లు తేలింది. ఈ లోహాలు సాధారణ మోతాదును మించినపుడు నీటిమొక్కలు, నీటి జంతువులకు విషప్రాయంగా మారతాయి. ఈ నీటిని రక్షిత మంచినీటిగా వాడినపుడు మానవునికి తీవ్రమైన వ్యాధులు సంభవిస్తున్నాయి. ఆమ్ల వర్షాల ప్రభావంతో నీరే కాకుండ, వాయువు కూడా కలుషితమై జీవావరణానికి ఆరోగ్యరీత్యా తీరని ప్రమాదాలు ఏర్పడుతున్నాయి.

ఆమ్ల వర్షాల మూలంగా అమెరికాలోని న్యూయార్క్ రాష్ట్రంలో 200 సరస్సులు పూర్తిగా కలుషితమై నిర్జీవం (dead) గా మారిపోయాయి. ఆమ్ల వర్షాల ప్రభావంతో స్వీడన్‌లో 900 సరస్సులు, నార్వేలో 1500 సరస్సులు, చేపలకు ఆశ్రయమివ్వలేక నిర్జీవంగా తయారయ్యాయి. అందుకే ఈ సరస్సులును 'చేపల మరుభూమి' (Fish grave yard) అంటారు. కెనడాలోని 4000 సరస్సులలో నీరు ఎక్కువ మోతాదులలో ఆమ్లీకృతమైనందువల్ల వివిధ రకాల చేపలకు ఆశ్రయం లేకుండా పోయింది. ఇదే పరిస్థితి ఇంకా కొనసాగినట్లైతే కేవలం కెనడాలోనే దాదాపు 48,000 సరస్సులలో చేపలు పూర్తిగా నశించగలవని శాస్త్రవేత్తల అంచన.

పశ్చిమ జర్మనీలో 8% అడవులు ఆమ్ల వర్షాల వల్ల అంతరించిపోయాయి. ఇంతే కాకుండ 18 మిలియన్ ఎకరాల అడవులు ప్రమాదస్థితిలో ఉన్నట్లు తేలింది. దీని మూలంగా ఒక బిలియను డాలర్ల నష్టం ఏర్పడనున్నట్లు శాస్త్రజ్ఞుల అభిప్రాయం.

స్విట్జర్లాండ్, నెదర్లాండ్స్, జెకోస్లోవేకియా వంటి దేశాలలో కూడా ఆమ్లవర్షాలవల్ల ప్రతి సంవత్సరం దాదాపు 500 మిలియన్ డాలర్ల వ్యవసాయ పంటలు నష్టమవుతున్నట్లు, పర్యావరణ విజ్ఞానం, సాంకేతిక శాస్త్రం (Environmental Science and Technology) అన్న అమెరికా పత్రిక వెల్లడించింది.

యూరపు ఖండంలోని అన్ని దేశాలకంటే బ్రిటన్‌లో అత్యధికంగా సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ వెలువరించ బడుతోంది. అందువల్ల మధ్య యూరపు, దక్షిణ స్కాండినేవియా వంటి దేశాలు తరచూ ఆమ్ల వర్షాలకు గురవుతున్నాయి. 1974లో స్కాట్‌లాండ్ పై పడిన ఆమ్లవర్షాలు, వెనిగర్ (Vinegar) పి.హెచ్ గాఢత 2.4 కంటే అధిగమించింది. ఈ ఆమ్లవర్షాల ఆమ్లత్వం సాధారణ వర్షాలకంటే 500 రెట్లు అధికంగా ఉంది. ఈ ఆమ్లవర్షాల ఆమ్లత్వం రికార్డు ప్రపంచ స్థాయికి చేరిందని OBSERVER పత్రిక పేర్కొంది. ప్రస్తుతం బ్రిటన్‌లో కురుస్తున్న మంచు అత్యధిక గాఢతలో ఆమ్లత్వాన్ని కల్గి ఉంది. ఈ మంచు త్వరగా కరుగకపోయినట్లైతే క్రమంగా 'పొల్యూషన్ టైమ్ బాంబ్' (Pollution Time Bomb) గా మారే అవకాశాలున్నట్లు OBSERVER పత్రిక హెచ్చరించింది. ట్వి మరియు వేల్స్ నదులు (Twyi and Wales rivers) అవధులను మించి ఆమ్లత్వాన్ని కల్గి ఉండడం వల్ల చేపలకు ఆశ్రయాన్ని కల్పించలేకపోతున్నాయి.

పట్టిక 5(i).1 యూరపు దేశాలలో సల్ఫర్ విడుదల-నిలువల పట్టిక

క్ర.సం. నెం.	దేశం	సల్ఫర్ విడుదల (టన్నులు×1000)	సల్ఫర్ నిలువలు (టన్నులు×1000)
1.	అల్బేనియా	50	67
2.	ఆస్ట్రియా	215	341
3.	బెల్జియం	404	161
4.	బల్గేరియా	500	346
5.	జెకొస్లోవేకియా	1500	1301
6.	డెన్మార్క్	228	109
7.	ఫిన్‌ల్యాండ్	270	293
8.	ఫ్రాన్స్	1800	1272
9.	జర్మన్ డెమోక్రటిక్ రిపబ్లిక్	2000	778
10.	జర్మనీ (యఫ్.జి.ఆర్)	1815	1158
11.	గ్రీస్	352	253
12.	హంగరీ	750	467
13.	ఐస్‌ల్యాండ్	6	74
14.	ఐర్లాండ్	87	65
15.	ఇటలీ	2200	1232
16.	లగ్జమ్‌బెర్గ్	24	11
17.	నెదర్‌లాండ్స్	240	173
18.	నార్వే	75	255
19.	పోలండ్	2150	1330
20.	పోర్చుగల్	84	73
21.	రుమేనియా	100	797
22.	స్పెయిన్	1000	583
23.	స్వీడన్	275	472
24.	స్విట్జర్‌లాండ్	58	171
25.	యునైటెడ్ కింగ్‌డమ్	2560	847
26.	యుగొస్లేవియా	1475	1093

ఆమ్ల వర్షాలకు కారణభూతమై నేరం చేసిన దేశమొక్కటైతే, ఆమ్ల వర్షాలకు బలి అవుతున్న దేశం ఇంకొకటి అవుతుంది. ఎందుకంటే భౌమావరణానికి సరిహద్దులుండవు. ఒక ప్రాంతంలో విడుదలైన విషవాయువులు, గాలి వాటం చేత వేరొక ప్రాంతానికి తరలించబడి, అక్కడ తేమతో కల్సి చల్లబడి, ఆమ్ల వర్షాలుగా కురుస్తున్నాయి. స్వీడన్, కెనడా వంటి దేశాలు ఆమ్ల వర్షాలకు తరచూ గురవుతున్నాయి. ఉత్తర అమెరికాలోని పెట్రోకెమికల్ విభాగాల నుంచి విడుదలైన విషవాయువులు పెనుగాలుల ద్వార కెనడా దేశం మీదుగా వీచడం వల్ల ఆ దేశం తరచూ ఆమ్ల వర్షాలకు గురి కావలసివస్తుంది. అదేవిధంగా బ్రిటన్, ఫ్రాన్సు మొదలైన పారిశ్రామిక దేశాలనుంచి వెలువడ్డ విషవాయువులు స్వీడన్ దేశంపైన ఆమ్లవర్షాలు కురిపిస్తున్నాయి. దీని మూలంగా స్వీడన్‌లోని అడవుల పెరుగుదల 15% తగ్గుతుందని స్వీడిష్ సైన్స్ అకాడమీ వారి AMBIC పత్రిక తెలిపింది. అదే విధంగా నార్వే, డెన్మార్క్, పశ్చిమ జర్మనీవంటి దేశాలు కూడా ఆమ్ల వర్షాలకు తరచూ గురవుతున్నట్లు AMBIC పత్రిక తెలిపింది. కొన్ని దేశాలు అత్యధిక మోతాదులలో విషవాయువులను వదిలినప్పటికీ అవి ఈ వాయువుల దుష్ఫలితాలను అనుభవించడం లేదు. అయితే తక్కువ మోతాదులలో విషవాయువులను విడుదల చేసే కెనడా వంటి దేశాలు మాత్రం ఎక్కువగా ఆమ్ల వర్షాలకు బలైపోతున్నాయి. అందువల్ల ఆమ్లవర్షాలు వివిధ దేశాల మధ్య ఒక పెద్ద రాజకీయ సమస్యగా మారి విలయతాండవం చేస్తుంది. నిజానికి ఆమ్లవర్షాల సమస్య భయంకరమైన అంతర్జాతీయ సమస్య. ఈ సమస్య ఇంకా విషమించినపుడు చిట్ట చివరకు అప్రకటిత రసాయన యుద్ధం (undeclared chemical war) సంభవించగలదని శాస్త్రజ్ఞులు ఆందోళనలను వెలిబుచ్చుతున్నారు.

అభివృద్ధి చెందుతున్న భారతదేశం వంటి తృతీయ దేశాలు ముందుకు వచ్చి ఆమ్ల వర్షాల సమస్యను సమర్థవంతంగా ఎదుర్కోవాలి. లేకపోతే ఆమ్ల వర్షాల వల్ల భూములు నిస్సారమై, నిరుపయోగమైపోనున్నట్లు EARTH SCAN పత్రిక సంపాదకుడు John Mc Cormic హెచ్చరించారు. కలకత్తా, బొంబాయి, ఢిల్లీ, కాన్పూరు, నాగపూరు, పూనా వంటి పారిశ్రామిక పట్టణాలలో వర్షం పి.హెచ్ గాఢత కీలకస్థాయికి చేరినట్లు రికార్డుల వల్ల తెలుస్తుంది. భారతదేశంలో పెట్రోలు శుద్ధి కర్మాగారాలు, థర్మల్ శక్త్యాగారాలు మొదలైన యంత్రాలనుండి ప్రతి సంవత్సరం దాదాపు 850 టన్నుల సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ వాయువులు వెలువడుతున్నట్లు ఢిల్లీలోని జవహర్‌లాల్ నెహ్రూ విశ్వవిద్యాలయానికి చెందిన ప్రొఫెసర్ వార్షనె (Varshney) తెలుపుతున్నారు. డా॥ డి.యన్. కెల్కర్ (Dr. D.N. Kelkar, Air Monitoring Section, BARC) బొంబాయి వంటి మహానగరాలలో పరిశ్రమల ద్వారా వెలువడుతున్న సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ వాయువులు తరచూ ఆమ్ల వర్షాలకు దారి తీస్తున్నాయని హెచ్చరించారు. ఆమ్ల వర్షాల సరాసరి పి.హెచ్ విలువ కలకత్తాలో 5.80, హైద్రాబాద్‌లో 5.73, మద్రాసులో 5.85, ఢిల్లీలో 6.21, బొంబాయిలో 4.80 ఉన్నట్లు BARC వారి సర్వేలో వెల్లడయ్యింది.

4. ఓజోన్ (Ozone)

ఓజోన్ వాయువు భూగ్రహం చుట్టు భూ ఉపరితలం నుండి 25 కి.మీ. ఎత్తు వరకు స్ట్రాటావరణంలో సూక్ష్మ ప్రమాణంలో ఉంది. వాతావరణంలో దీని అత్యధిక గాఢత 1 కిలో గ్రాముకు 10 మిల్లీ గ్రాములుంటుంది ($10 mg/kg^{-1}$). సముద్ర మట్టంలో దీని గాఢత 0.5 ppm ఉంటుంది. దీని గాఢత తరచూ మార్పుకు లోనవుతుంది. ఓజోన్ గాఢత శీతాకాలంలో 0.02 ppm ఉంటూ వేసవి కాలంలో

0.07 ppm వరకు పెరుగుతుంది. సాధారణంగా సల్ఫర్ డయాక్సైడ్, నైట్రోజన్ డయాక్సైడ్, ఆల్డిహైడ్‌ల వంటి ఆక్సిజన్ సంబంధిత అణువులు సూర్యుని నుండి వెలువడిన అతి నీలలోహిత కిరణాల (Ultra Violet radiations) ను గ్రహించడం వల్ల ఓజోన్ ఉత్పత్తి అవుతుంది.

అతినీలలోహిత కిరణాలు

NO_3 (నైట్రోజన్ డయాక్సైడ్) $\longrightarrow$ NO_2 (ఉద్రిక్తత చెందిన నైట్రోజన్ డయాక్సైడ్) $\longrightarrow$ O^* (అణు ఆక్సిజన్) + NO (నైట్రిక్ ఆక్సైడ్)

O^* (అణు ఆక్సిజన్) + O_2 (ఆక్సిజన్) $\longrightarrow$ O_3 (ఓజోన్)

నైట్రోజన్ డయాక్సైడ్ (NO_2) వాయువు సూర్యుని నుండివిడుదలైన అతినీల లోహిత కిరణాలను గ్రహించి ఉద్రిక్తత చెందిన నైట్రోజన్ డయాక్సైడ్ (Excited Molecule of NO_2) గా మారి క్రమంగా అణు ఆక్సిజన్ (Atomic Oxygen = O*) గా మారుతుంది. ఈ అణు ఆక్సిజన్ సాధారణ ఆక్సిజన్‌తో కలిసి ఓజోన్ వాయువుగా మారుతుంది.

స్ట్రాటావరణంలో భూ ఉపరితలం నుండి 35 కి.మీ. ఎత్తులో ఓజోన్ పొర గొడుగు మాదిరిగా నిలిచి భయంకరమైన, హానికరమైన సౌరవికిరణాల బారి నుండి జీవావరణాన్ని రక్షిస్తుంది. ఓజోన్‌పొర 3000A^0 లోపునున్న అన్ని రకాల అతినీలలోహిత-బి-వికిరణాలను (UV-B-Radiations) గ్రహించి, వడబోసి, జీవావరణాన్ని, జీవులను కాపాడటమే కాకుండా భౌగోళిక ఉష్ణోగ్రత మదింపు (Thermal budget of Earth) ను సరిచేస్తుంది. జీవి మనుగడకు ఈ మాత్రం ఓజోన్ తప్పకుండా అవసరముంటుంది. వాతావరణ కాలుష్యం వల్ల పెద్ద మొత్తంలో ఓజోన్ హరించబడి ఖాళీ అయినట్లైతే జీవావరణ వ్యవస్థకు మహావిపత్తు సంభవించగలదని శాస్త్రవేత్తలు ఆందోళన చెందుతున్నారు.

కొన్ని సంవత్సరాల క్రితం నుండి భూ ఉపరితలంపై నున్న స్ట్రాటావరణంలోని ఓజోన్ పొరలో ఓజోన్ గాఢత క్లోరోఫ్లూరోకార్బన్‌ల (Chlorofluro Carbons = CFCs) ప్రభావం వల్ల క్షీణిస్తోంది. మానవుని కార్యకలాపాల ద్వార విడుదల అవుతున్న సహింపశక్యం కాని క్లోరోఫ్లూరోకార్బన్ సమ్మేళనాలు (CFCS) వాతావరణంలో ప్రవేశించి క్రమంగా స్ట్రాటావరణంలోని ఓజోన్‌తో చర్యలు జరిపి, ఓజోన్ గాఢతను హరింపజేస్తున్నాయి. కేవలం మానవుడు ఉత్పత్తి చేసిన కాలుష్యాల మూలంగా అంటార్కిటా పై నున్న ఓజోన్ పొర. గాఢత 4% క్షీణించింది. అప్పర్ అట్మాస్ఫియర్ ప్రోగ్రాం ఫర్ నేషనల్ ఏరోనాటిక్స్ అండ్ స్పేస్ అడ్మినిస్ట్రేషన్, డైరెక్టరు అయిన **శ్రీ రాబర్ట్ వాట్సన్** ఓజోన్‌ను హరింపజేసే కాలుష్యకాలను అదుపు చేయని పక్షంలో ప్రపంచ ఉష్ణోగ్రత 5.5^{0}C పెరిగే అవకాశాలున్నట్లు జోస్యం చెప్తున్నారు. వాతావరణ ఉష్ణోగ్రత పెరిగినపుడు ధృవాలలోని మంచు కరిగి నదీపరివాహ ప్రాంతాలలోనూ సముద్రాలలోనూ నీటి మట్టం పెరిగి, వరదలు సంభవించి, జననష్టం, ధననష్టం, వ్యాధుల సంక్రమణ, వ్యవసాయం దెబ్బతినడం వంటి అనేక దుష్పరిణామాలు ఏర్పడనున్నాయని వాతావరణ శాస్త్రజ్ఞులు ఏకకంఠంతో హెచ్చరిస్తున్నారు. అదే విధంగా సాధారణ ఓజోన్ గాఢత అధికమైనపుడు కూడా జీవావరణానికి తీరని ప్రమాదాలు వాటిల్లే అవకాశాలుంటాయి.

పట్టిక 5(ii).2 మానవుని ఆరోగ్యంపై ఓజోన్ ప్రభావం

ఓజోన్ గాఢత	ఓజోన్ ప్రభావం
0.2 ppm	ఎలాంటి ప్రభావాలు ఉండవు
0.3 ppm	ముక్కు, గొంతు దురద
1.0 ppm to 3.0 ppm	రెండుగంటల తర్వాత అధిక అయాసం
9.0 ppm	ఉధృతమైన శ్వాసకోశబాధ (Severe pulmonary edema)

1.0 ppm గాఢత గల ఓజోన్ అయాసాన్ని అధికం చేస్తుందని పై పట్టిక ద్వార తెలుస్తుంది. ప్రయోగశాలల్లో 0.5 ppm కంటే తక్కువ గాఢత గల ఓజోన్‌లో ఎలుకల నుంచినపుడు అవి బాక్టీరియమ్‌లను తట్టుకునే శక్తిని కోల్పోవడం వల్ల ఆ ఎలుకలకు బాక్టీరియమ్‌లు సోకాయి. గిన్నీ పందుల (Guinea Pigs) ను అదే గాఢత గల ఓజోన్‌లో ఉంచినపుడు వాటి శ్వాసక్రియ రేటు పెరిగింది.

పట్టిక 5(i).3 మొక్కలపై ఓజోన్ ప్రభావం

మొక్క	ఓజోన్ గాఢత ppm లో	మొక్కలను ఓజోన్ లో ఉంచినకాలం	ప్రభావాలు
ముల్లంగి	0.05 ppm	రోజుకు 8 గంటల చొప్పున 20 రోజులు	50% తక్కువ దిగుబడి
పొగాకు	0.10 ppm	5.5 గంటలు	పరాగరేణువుల అంకురణ, పరాగనాళం పెరుగుదల 50% తగ్గుతుంది

0.02 ppm ఓజోన్ గాఢతలో పొగాకు, ముల్లంగి, టొమాటో, చిక్కుడు మొదలైన మొక్కలను ఉంచినపుడు అవి చాలా వరకు నశించాయి (Papetti and Gilmore, 1971). ఓజోన్ ప్రభావం వల్ల మొక్కలపైన ఎలాంటి వ్యాధి లక్షణాలు గల మచ్చలు ఏర్పడకుండానే మొక్కల పెరుగుదల ఆగిపోతుంది. 15 ppm నుంచి 20 ppm ఓజోన్ గాఢతలో మొక్కల నుంచినపుడు పత్రాలపై మచ్చలు, అంచుల వెంబడి మరకలు ఏర్పడి పెరుగుదల నిలచిపోతుంది.

ఓజోన్ వాయువు పత్తినారలు, నైలాన్, పాలిఎస్టర్ వివిధ రంగులతో చర్యలు జరిపి వాటిని నష్టపరుస్తుంది.

5. ఫ్లోరైడ్ సమ్మేళనాలు (Fluoride Compounds)

కొన్ని ఫ్లోరైడ్ సమ్మేళనాలు కొద్ది ప్రమాణాలలో మానవునికి అత్యంత ఆవశ్యకమైనవి. ఇవి దంత క్షయాన్ని హరిస్తాయి. కానీ అవసరాన్ని మించిన ప్రమాణాలలో ఇవి అత్యంత ప్రమాదకరంగ పరిణమిస్తాయి. వాతావరణంలో ఫ్లోరైడ్ సమ్మేళనాలు అవధులు మించిన గాఢతలో నుండి కాలుష్యానికి గురైనపుడు, ఆ

కాలుష్యాన్ని ఫ్లోరోసిస్ (Fluorosis) అంటారు. ఫ్లోరోసిస్ కాలుష్యం ఒక ప్రబలమైన ప్రజారోగ్య సమస్య. భారత దేశంతో పాటు, U.S.A., ఇటలీ, హాలెండ్, స్పెయిన్, ఫ్రాన్స్, జర్మనీ, స్విట్జర్‌ల్యాండ్, చైనా, జపాన్, అనేక ఆఫ్రికా దేశాలు, అనేక దక్షిణ అమెరికా దేశాలు కూడా ఈ ఫ్లోరోసిస్ సమస్యను ఎదుర్కొంటున్నాయి. ముఖ్యంగా భారతదేశంలో రాజస్థాన్, గుజరాత్, పంజాబ్, హర్యానా, ఉత్తరప్రదేశ్, ఆంధ్రప్రదేశ్, తమిళనాడు, కర్ణాటక వంటి రాష్ట్రాలలో ఫ్లోరోసిస్ కాలుష్యం ఎక్కువగా ఉంది.

ఫాస్ఫేటు ఎరువుల కర్మాగారాల నుండి, అల్యూమినియమ్-ఉత్పాదన కర్మాగారాల నుండి, సిరామిక్ కర్మాగారాల నుండి, రిఫ్రిజిరేటర్ల నుండి, ఆకాశ క్షిపణుల (Aerosol Propellants) నుండి, వివిధ రవాణా వాహనాల నుండి, ఫ్లోరినేటెడ్ ప్లాస్టిక్ కర్మాగారాల నుండి, యురేనియమ్ (U), థోరియమ్ (Th) వంటి అపురూపమైన ఖనిజాల (Rare earths) నుండి ఫ్లోరైడ్ సమ్మేళనాలు ఉత్పన్నమవుతున్నాయి. ఈ ఫ్లోరోసిస్ కాలుష్యం సాధారణంగా వాయురూపంలో గాని, దుమ్ము-ధూళి (Particulate) రూపంలో గాని ఉండి వాతావరణాన్ని కలుషితం చేస్తుంది. సాధారణంగా పట్టణాలలో ఫ్లోరైడ్ సమ్మేళనాల సరాసరి గాఢత ఒక ఘనపు మీటరుకు 0.05 mg ల కంటే తక్కువగానే ఉంటుంది. అయితే కొన్ని పట్టణ ప్రాంతాలలో మాత్రం ఇవి ఎక్కువ గాఢతలో కూడా ఉన్నట్లు రికార్డు చేయబడింది. ఉదాహరణకు ఇటాలియన్ అల్యూమినియమ్ ఫ్యాక్టరీ ప్రాంతంలో ఒక ఘనపు మీటరు వాయువులో 15.14 mg ల ఫ్లోరైడ్ సమ్మేళనాలు ఉన్నట్లు కనుక్కున్నారు. ఆ ప్రాంతంలో నివసించే ప్రజలు రోజుకు సరాసరి 0.3 మి.గ్రా ఫ్లోరైడ్ సమ్మేళనాలను శ్వాసక్రియ ద్వారా పీల్చుకుంటున్నారు.

ఫ్లోరైడ్ సమ్మేళనాలు కర్మాగారాలకు సంబంధించిన చిమ్నీ గొట్టాల పొగ నుంచి, క్రిమి సంహార మందులు పిచికారి చేయడం వల్ల , రసాయనాలు, ఎరువుల వాడకం వల్ల, అగ్ని పర్వతాల ప్రేలుడు వల్ల ఉత్పన్నమై వాతావరణంలోకి వ్యాపిస్తాయి. ఈ ఫ్లోరైడ్ సమ్మేళనాలు మొక్కల పత్రాలపైన పడి క్రమంగా పత్రరంధ్రాల ద్వార ఇతర వృక్ష భాగాలకు చేరుకుంటాయి. ముఖ్యంగా ఈ ఫ్లోరైడ్ సమ్మేళనాలు పత్రపుటంచులలో, పత్రాగ్రాలలో నిలువ చేయబడి క్రమంగా నిర్హరితం (Chlorosis), కణజాల క్షయం (Necrosis) వంటి వ్యాధులకు గురై చివరకు మొక్కలు చనిపోతాయి. పైన్ (Pine) వంటి కోనిఫర్ మొక్కలలో టిప్‌బర్న్ (Tip burn) వంటి వ్యాధులు కలుగుతాయి. జంతువులకు, మానవులకు ఫ్లోరైడ్ సమ్మేళనాలు మృత్తిక ద్వార, ఆహారపు గొలుసు ద్వార, నీటి ద్వార సంక్రమించి వివిధ వ్యాధులను కలుగజేస్తాయి.

6. హైడ్రోకార్బన్‌లు (Hydrocarbons)

హైడ్రోజన్, కార్బన్ పదార్థాల సమ్మిళితాలనే హైడ్రోకార్బన్ సమ్మేళనాలు లేదా హైడ్రోకార్బన్‌లని అంటారు. వాహనాలలోని కార్బొరేటర్లలో గ్యాసోలిన్ ఆవిరి చెందడం వల్ల, కార్లు, ట్రక్కులు మొదలైన భారీ వాహనాల క్రాంక్ కేస్‌ల ద్వారా హైడ్రో కార్బన్‌లు వాతావరణంలోకి విసర్జింపబడి వాతావరణాన్ని కలుషితం చేస్తాయి. ప్రతి సంవత్సరం కేవలం U.S. పట్టణాలలోనే 19.8 మిలియన్ టన్నుల హైడ్రోకార్బన్‌లు వాతావరణంలోకి విడుదల అవుతున్నాయి (Environmental protection Agency, 1968). భారతదేశంలో ద్విచక్ర, త్రిచక్ర, చతుర్‌చక్ర వాహనాల వల్ల హైడ్రోకార్బన్ సమ్మేళనాలు అధికంగా ఉత్పన్నమవుతున్నాయి. కేవలం ఢిల్లీ, బెంగుళూరు మహానగరాలలో ద్విచక్ర, త్రిచక్ర వాహనాల ద్వారా దాదాపు 65% హైడ్రోకార్బన్‌లు ఉత్పన్నమవుతున్నాయి. ప్రస్తుత వాహనాల పెరుగుదల సంఖ్యను కచ్చితంగా అదుపుచేయకపోతే

రానున్న కొద్ది కాలంలోనే హైడ్రోకార్బన్‌ల కాలుష్యం మొత్తం కాలుష్యంలో 80% వరకు పెరుగగలదని హెచ్చరికలున్నాయి. ఇంధనం మండటంవల్ల 60%, ఇంధనం సరిగా మండకపోవడం వల్ల 40% హైడ్రోకార్బన్లు ఉత్పన్నమవుతాయి.

బెంజీన్, బెంజ్‌పైరిన్, మిథేన్ మొదలైన హైడ్రోకార్బన్‌లు ముఖ్యమైన కాలుష్యకాలు, ఈ మూడింటినే ఇక్కడ సూక్ష్మంగా చర్చించాము.

ఎ) బెంజీన్ (Benzene) :

బెంజీన్ (C_6H_6) అత్యధికంగా మండే స్వభావం గల రంగులేని హైడ్రోకార్బన్ ద్రావణం. ఇది గ్యాసోలిన్ నుండి విడుదలవుతుంది. వాతావరణంలో దీని గాఢత 20% కంటే తక్కువగా ఉంటుంది. 1976 వ సంవత్సరంలో కేవలం U.S. నుండి 0.45×10^{10} కి.గ్రా బెంజీన్ ఉత్పన్నమైంది (USITC, 1977). బెంజీన్ గాలిలో కలిసినపుడు వివిధ రసాయన చర్యల ద్వార ఫినాల్ (Phenol) గా మారుతుంది. బెంజీన్ మూలంగా జంతువులకు, మానవులకు కన్ను, ముక్కు, గొంతు సంబంధమైన వ్యాధులు, శ్వాసకోశ కాన్సర్ (Lung Cancer) వంటి వ్యాధులు సంక్రమిస్తాయి.

బి) బెంజ్‌పైరిన్ (Benzpyrene) :

బెంజ్‌పైరిన్ వాయువు సిగరెట్, చుట్ట సంబంధమైన పొగలో లేశమాత్రంలో ఉంటుంది. అదే విధంగా బొగ్గు గనులలో, పొగ మంటలలో (Smoke Stack effluent) , గ్యాసోలిన్ అవశేషాలలో కూడా ఇది ఉత్పన్నమవుతుంది. ఈ వాయువు కాన్సర్ వ్యాధులను సంక్రమింపజేసే సామర్థ్యాన్ని కలిగిఉంటుంది.

సి) మిథేన్ (Methane/Marsh gas) :

హైడ్రోకార్బన్ కాలుష్యాలలో మిథేన్ (CH_4) వాయువు ముఖ్యమైంది. ఈ వాయువుకు రంగు, రుచి, వాసన ఉండదు. ఇది విషపూరితం కాదు, మండే స్వభావం గల హైడ్రోకార్బన్ వాయువు. ఈ వాయువు ప్రకృతిలో అంతటా సహజంగా వ్యాపించి ఉంది. మొత్తం వాయువులో దీని ఘనపరిమాణం 0.00022% ఉంటుంది. చెత్త చెదారం, పెంట, నీటి మొక్కలు, మృతకళేబరాలు క్రుళ్ళినపుడు ఈ వాయువు సహజంగా ఉత్పన్నమవుతుంది. కొంత శాతం మిథేన్ వాయువు ఫాక్టరీలలోనూ, గృహాలలోనూ మండించటానికి వినియోగించినపుడు, సరియైన నిర్వాహణ లేనపుడు వాతావరణంలోకి వెలువడుతుంది. వాతావరణంలో దీని శాతం కొంచెం ఎక్కువైనప్పటికీ మానవుని ఉనికికి ఏ విధమైన ఆటంకం కలగదు. ఆక్సిజన్ వాయువు లేనపుడు అధికశాతంలో మిథేన్ వాయువున్నట్లయితే నిద్రమత్తును మాత్రం కలిగిస్తుంది. గుంటలలో, ఇరుకు బావులలో చెత్త చెదారం ఉన్నట్లైతే అధిక గాఢతలో మిథేన్ వాయువు ఉత్పన్నమై ప్రేలుడు సంభవించి హానిని కలుగజేస్తుంది.

7. లోహాలు (Metals)

పారిశ్రామిక విప్లవం (Industrial revolution) ద్వార వాతావరణంలో, భౌమావరణంలో జింక్, కాడ్మియమ్, సీసం, పాదరసం మొదలైన నాలుగు ముఖ్యమైన లోహాలు చోటుచేసుకున్నాయి. వాటినే ఇక్కడ చర్చించాము.

ఎ) జింక్ (Zinc) :

సహజవాయువులో సాధారణంగా జింక్ ఉండనే ఉండదు. జింక్ తురుము (Scrap) శుద్ధి కర్మాగారాలలో జింక్‌ను కరిగించేటపుడు కొంతభాగం వాతావరణంలోకి వ్యాపిస్తుంది. రాగి, సీసం, ఉక్కు శుద్ధి కర్మాగారాలలో నుండి కూడా కొంత జింక్ లోహం వాతావరణంలోకి వస్తుంది. ఇనుము శుద్ధి కర్మాగారాలలో కొన్ని బహిరంగ కొలిముల నుండి 1 గంటకు 20 నుండి 25 గ్రాముల జింక్ వాతావరణంలో కలుస్తుంది. వాతావరణంలో జింక్ లోహం ఎక్కువగా జింక్ ఆక్సైడ్ (Zno) పొగ రూపంలో ఉండి మానవుని ఆరోగ్యానికి హాని కలిగిస్తుంది.

బి) కాడ్మియమ్ (Cadmium) :

అధిక పారిశ్రామికీకరణ వల్ల కొంత కాడ్మియమ్ వాతావరణంలో కలుస్తుంది. రాగి, సీసం, జింక్ మొదలైన లోహాలను నెలికితీయటం, శుద్ధి చేయటం, ఎలక్ట్రోప్లేటింగ్, వెల్డింగ్ సంబంధిత కర్మాగారాల నుండి కాడ్మియమ్ లోహం వాతావరణంలోకి విడుదల చేయబడుతుంది. క్రిమిసంహారక మందులు, పాస్ఫేటు వంటి ఎరువుల వాడకం వల్ల కాడ్మియమ్ వాతావరణంలో కలుస్తుంది. కాడ్మియమ్, మెటాలిక్ కాడ్మియమ్ ఆవిరి (పొగ) రూపంలో విడుదలై, తర్వాత వెంటనే రసాయన చర్యలకు లోనై ఆక్సైడ్, సల్ఫేటు క్లోరైడ్ సమ్మేళనాలుగా మార్పు చెందుతాయి. U.S.A. లోని నగర ప్రాంతాలలో కాడ్మియమ్ గాఢత 3 Mgm^{-3} ఉంటుందని అంచనాలున్నాయి.

జింక్ లాగా కాకుండా కాడ్మియమ్ అతిస్వల్ప గాఢతలో ఉన్నప్పటికీ ఇది చాల విషప్రాయమైంది. ఇది మూత్రపిండాలలో, కాలేయంలో చేరి హైపర్‌టెన్షన్ (Hypertension), ఎంఫిసెమ (Emphisema), రీనల్ డామేజ్ (Renal damage). మొదలైన వ్యాధులను కలుగజేస్తుంది. క్షీరదాలలో కాడ్మియమ్, కాడ్మియమ్ సమ్మేళనాలు కార్సినోజెనిక్ (Carcinogenic) వ్యాధిని కలుగజేస్తాయి.

సి) సీసం (Lead) :

నాకింగ్ (Knocking) ను తగ్గించడానికి టెట్రాఇథైల్ లెడ్ సమ్మేళనాలను గ్యాసోలిన్ (gasoline) తో కలిపినపుడు లెడ్ బ్రోమైడ్, లెడ్ క్లోరైడ్‌లనే లెడ్ హాలైడ్‌ల ఆవిరి వాతావరణంలోకి విడుదలవుతుంది. ప్రపంచ ఆరోగ్య సంస్థ (WHO) వారు, గాలిలో 2Mgm^{-3} గాఢత గల లెడ్ సమ్మేళనాలునప్పటికీ వాతావరణం నాణ్యత చెడిపోదని సూచించారు. అయితే ప్రపంచ పారిశ్రామిక నగరాలలో సీసం గాఢత స్థాయి మితిమీరి పోయింది. భారతదేశంలో అహ్మదాబాద్ నగరంలో 0.59 నుండి 11.38Mgm^{-3} గాఢత, కాన్పూరులో 1.05 నుండి 8.3Mgm^{-3} గాఢత ఉన్నట్లు కుమార్ (1982) గారి సర్వేలో వెల్లడయ్యింది.

సీసం సమ్మేళనాలు గల వాయువును పీల్చినపుడు రక్తంలో హిమోగ్లోబిన్ ఉత్పత్తి పూర్తిగా నిలిచిపోతుంది. దీని మూలంగా 'అనీమియా' (Anemia) వ్యాధి సంక్రమిస్తుంది. సీసం సమ్మేళనాలు ఎర్ర రక్త కణాల (RBC) ను నశింపజేసి, మూత్రపిండాలకు, కాలేయానికి తత్సంబంధ వ్యాధులను కలుగజేస్తాయి. ఇది చిన్న పిల్లలో బుద్ధి కుశలతను తగ్గిస్తుంది. సీసం సమ్మేళనాలు ఆటోమొబైల్ యంత్రాలలో చేరి హైడ్రోకార్బన్‌లను విడుదల చేస్తాయి.

డి) పాదరసం (Mercury) :

పాదరసం సాధారణంగా శిలలలో ఉంటుంది. ఇది ద్రావణం రూపంలో నున్న లోహం. శిలీంధ్రనాశకాలు, రంగులు, పరిమళ ద్రవ్యాలు, కాగితం మొదలైన వస్తువుల తయారీలో పాదరస సమ్మేళనాలు వినియోగపడి, తర్వాత ఆవిరి రూపంలో వెలువడి వాతావరణాన్ని కాలుష్య పరుస్తాయి. $1 Mgm^{-3}$ స్థాయి గాఢత గల పాదరసాన్ని మూడు నెలలు శ్వాసించినట్లైతే మరణం సంభవిస్తుంది. పాదరస కాలుష్యం వల్ల, నాడీ వ్యవస్థ, కాలేయం, కండ్లు, క్రోమోజోమ్‌లు దెబ్బతింటాయి.

8. కాంతి రసాయన ఉత్పాదితాలు (Photochemical products)

ఒలిఫిన్‌లు (Olefins), ఆల్‌డిహైడ్‌లు (aldehydes), ఓజోన్ (O_3), పెరాక్సీ అసిటైల్ నైట్రేటులు (PAN), పెరాక్సీబెంజైల్ నైట్రేటులు (PBzN) మొదలైనవి ప్రధానమైన కాంతి రసాయన ఉత్పన్నాలు. వీటికి తోడుగా కాంతి రసాయన పొగమంచు కూడా ఇక్కడ చర్చించాము.

ఇథిలీన్ నుండి ప్రత్యక్షంగా ఒలిఫిన్ ఉత్పన్నమై వాతావరణంలో కలుస్తుంది. ఇది కొద్ది PPm గాఢతలో నున్నప్పటికీ ఆర్కిడ్ పుష్పాల రక్షక పత్రాలను రాల్చివేస్తుంది. ఇంకా పుష్పాలను వికసించకుండా చేస్తుంది. ఇది ఎక్కువ గాఢతలో నున్నపుడు టొమాటో మొక్కల పెరుగుదలను నిలిపివేస్తుంది.

ఆల్‌డిహైడ్‌లలో ముఖ్యమైంది ఫార్మాల్‌డిహైడ్. ఇది కండ్లను, ముక్కు రంధ్రాలను, శ్వాసకోశాలను, చర్మాన్ని పాడుచేసి వివిధ వ్యాధులకు గురి చేస్తుంది.

కర్బన సంబంధ సమ్మేళనాల్లో బెంజ్ పైరిన్ (Benzpyrine), పెరాక్సీ అసైల్ నైట్రేట్ (PAN), పెరాక్సీ బెంజాయిల్ నైట్రేట్ (PBzN) వంటివి ముఖ్యమైన కాలుష్యకాలు.

బెంజ్‌పైరిన్ (Benzpyrine) కాన్సర్ వ్యాధిని కలుగజేసే హైడ్రోకార్బన్. 1ppm లేదా తక్కువ గాఢతలో కూడా పెరాక్సీ అసైల్ నైట్రేటు కండ్ల సంబంధ వ్యాధులను కలుగజేస్తుంది. ఇది అంతే గాఢత గల సల్ఫర్ డయాక్సైడ్ కంటే చాలా ప్రాణాపాయకరమైంది. ఇది నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లతో సమానంగా విషప్రాయమైంది. కాని ఓజోన్ కంటే తక్కువ అపాయకరమైంది. పెరాక్సీ అసైల్‌నైట్రేటులు కంటే దురదను 24 గంటల వరకు కలుగజేస్తుంది. కాని పెరాక్సీ బెంజాయిల్ నైట్రేటులు, పెరాక్సీ అసైల్ నైట్రేటుల కంటే 100 రెట్లు ఎక్కువ అపాయకరమైంది. అదే విధంగా ఫార్మాల్‌డిహైడ్ కంటే 200 రెట్లు కంటి దురదను కలుగజేస్తుంది. పెరాక్సీ అసైల్‌నైట్రేటు, ఓజోన్ వాయువులు శ్వాసక్రియకు అంతరాయాన్ని కలుగజేయడమే కాకుండా మొక్కలకు విషపదార్థంగా పరిణమిస్తాయి. నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లు, పెరాక్సీ అసైల్ నైట్రేటులు పైన్ అడవులను (Pine forests) నశింపజేస్తాయి. స్పినాచ్ (Spinach), బీటు దుంప, సెలెరి (celery), పొగాకు (tobaco), పెప్పర్ (pepper), లెట్యూజ్ (lettuce), ఆల్ఫా-ఆల్ఫా (Alfalfa) మొదలైన మొక్కలు 10 ppm గాఢతలోనున్న పెరాక్సీ అసైల్ నైట్రేట్ తాకిడికి 2 నుండి 4 గంటలలో పూర్తిగా దెబ్బతింటాయి. స్నాప్ డ్రాగన్ (Snapdragon), ప్రిమ్‌రోజ్ (Prime rose), ఆస్టర్ (Aster) మొదలైన అలంకారయోగ్యమైన మొక్కలు ఇంకా ఎక్కువగా దెబ్బతింటాయి. పెరాక్సీ అసైల్ నైట్రేటు పత్రాల ఉదర (Ventral) భాగంలోని కణాలను నశింపజేసి తెల్లని చారలను ఏర్పరుస్తుంది.

కాంతి రసాయన పొగమంచు (Photochemical smog)

ఓజోన్, నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లు, హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడ్‌లు, ఆర్గానిక్ పెరాక్సైడ్‌లు, పెరాక్సీ అసైల్ నైట్రేట్‌లు, పెరాక్సీ బెంజాయిల్ నైట్రేటులు మొదలైన సమ్మేళనాలు కాంతి రసాయన చర్యల ద్వారా ఆక్సీకరణ చెంది ఏర్పడిన సంక్లిష్టాన్ని 'కాంతి రసాయన పొగమంచు' అంటారు. 1905లో **హెచ్.ఎ. డెస్‌వాక్స్ (H.A. Des Voeux)** 'Smoke' మరియు 'fog' అన్న రెండు ఇంగ్లీషు పదాలను కలిపి 'smog' లేదా 'పొగమంచు' అన్న పదాన్ని ప్రప్రథమంగా ప్రతిపాదించారు.

నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లు, వివిధ హైడ్రోకార్బన్‌లు, ఆటోమోబైల్ యంత్రాల నుండి వెలువడిన పొగ మరియు ఆవిరితో కల్సి అతినీలలోహితకిరణాలతో కాంతి రసాయన చర్యలు జరిపి, కాంతి రసాయన పొగమంచును ఏర్పరుస్తాయి. అదే విధంగా ఓజోన్ వంటి ఆక్సీకరణులు (Oxidants) గాఢత వాతావరణంలో 0.15 ppm కు మించినపుడు కూడా కాంతి రసాయన పొగమంచు ఏర్పడుతుంది.

డే (De, 1986) కాంతి రసాయన పొగమంచు ఏర్పడటానికి ప్రధానమైన రసాయన చర్యలను ఈ క్రింది విధంగా వివరించారు.

(1) $CO + NO + O_2$ లేదా $O_3 \xrightarrow[\text{కిరణాలు}]{\text{అతినీలలోహిత}} NO + O^*$

(2) $O^* + O_2 \longrightarrow O_3$

(3) $RCH_3 + O_3 \longrightarrow RCH_2^*$

(4) $RCH_2^* + O_2 \longrightarrow RCH_2O_2$

(5) $RCH_2O_2^* + NO \longrightarrow RCH_2O^* + NO_2$

(6) $RCH_2O^* + O_2 \longrightarrow RCHO$

(7) $RCHO + O_2 \longrightarrow HO_2^*$

(8) $HO_2^* + NO \longrightarrow HO^* + NO_2$

(9) $HO^* + RCH_3 \longrightarrow RCH_2^* + H_2O$

1 నుండి 9వ రసాయన చర్య వరకు రసాయన చర్యల వలయం పూర్తయి కాంతి రసాయన పొగమంచు ఏర్పడుతుంది.

హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్ (H_2S), సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్ (SO_2), నైట్రోజన్ పెంటాక్సైడ్ (N_2O_5), నైట్రోజన్ డయాక్సైడ్ (NO_2) మొదలైన సల్ఫర్, నైట్రోజన్ సంబంధిత సమ్మేళనాలు ఆక్సీకరణ చెంది కాంతి రసాయన పొగమంచులో సల్ఫేట్లుగా, నైట్రేట్లుగా ఏర్పడతాయి.

$SO_2 + O^*$ (O_3, NO_3, N_2O_5, RO^*, RO_2^* నుండి) $\longrightarrow SO_3 \longrightarrow H_2SO_4$

సల్ఫ్యూరిక్ ఆమ్లం

$$N_2O_5 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3$$

$$HO^* + NO_2 \longrightarrow HNO_3$$

సల్ఫ్యూరిక్ ఆమ్లం, నత్రికామ్లం, సల్ఫేట్లు, నైట్రేట్లు కాంతి రసాయన పొగమంచులో ముఖ్యమైన విషపదార్థాలు. ఈ పదార్థాలు జీవావరణ ఆరోగ్యాన్ని దెబ్బతీసి తుదకు హరించివేస్తాయి. ఓల్ఫిన్‌లు, నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లు వాతావరణంలో కాంతిరసాయన చర్య ద్వారా పెరాక్సీ బెంజైల్ నైట్రేటు (PBzN) వంటి విషపదార్థం ఏర్పడుతుంది. ఇది కంటి బాధలను కలిగిస్తుంది.

1940 వ సంవత్సరంలో కాలిఫోర్నియా, లాస్ ఏంజిల్స్ లో విపరీతమైన కాంతి రసాయన పొగమంచు ఏర్పడి అనేక మందికి కంటి దురద ఏర్పడి, కొంతమందికి కంటిచూపు కూడా తగ్గింది. 1946లో యొకొహామ (Yokomaha) నగరం (Japan) లో ఏర్పడిన పొగమంచు వల్ల ఉబ్బసం, (Asthma), ఎంఫిసెమ (Emphysema) మొదలైన వ్యాధులు ప్రబలి ప్రాణాపాయం సంభవించింది. ఎంఫిసెమ సోకిన వారికి ఊపిరితిత్తుల లోపలి కణజాలం పూర్తిగా తినివేయబడి క్రమంగా శ్వాసక్రియ నిల్చిపోయి, ప్రాణనష్టం కలుగుతుంది. డిసెంబర్ 5, 1952 లో లండన్ నగరంలో ఏర్పడిన కాంతి రసాయన పొగమంచు తాకిడికి దాదాపు 4000 ప్రజలు చనిపోయారు. దీని మూలంగా కాంతి రసాయన పొగమంచును నిరోధించడానికి కొన్ని ప్రత్యేక ప్రాంతాలలో క్లీన్ ఎయిర్ ఆక్ట్ (Clean Air Act, 1956 and 1968) చట్టం రూపొందించబడింది. ఇదే విధంగా మెక్సికో, సిడ్నీ, మెల్‌బోర్న్, టోక్యో మొదలైన మహానగరాలలో కూడా కాంతి రసాయన పొగమంచు సమస్యలు తలెత్తాయి.

భారతదేశంలో కలకత్తా, బొంబాయి, ఢిల్లీ, మద్రాసు, బెంగుళూరు మొదలైన కేంద్రపాలిత ప్రాంతాలలోనూ, అహ్మదాబాద్, కాన్పూరు, కోయంబత్తూరు వంటి పారిశ్రామిక నగరాలలోనూ వాతావరణం కాలుష్యం చరమ స్థాయికి చేరుకుంది. పరిశ్రమల నుంచి, మోటారు వాహనాల నుండి, ఇతర ఇంధన వనరుల నుండి విడుదలవుతున్న కాలుష్యకాల వల్ల, గత పది సంవత్సరాల నుండి విషపూరితమైన పొగమంచు బొంబాయిని ఆవరించి ఉన్నట్లు పట్టణాభివృద్ధి సంస్థ (Urban Development Institute) వారి 40 మంది డాక్టర్ల బృందం జరిపిన సర్వేలో వెల్లడయ్యింది.

9. విషపదార్థాలు (Toxic Substances)

అనేక విషపదార్థాలు వాయువు రూపంలోనూ, ఆవిరి రూపంలోనూ ఉంటాయి. వాటిలో ముఖ్యమైన కొన్ని విషపదార్థాలను ఇక్కడ చర్చించాము. అవి -

1. ఆర్సెనిక్ (Arsenic)
2. కార్బన్ టెట్రాక్లోరైడ్ (Carbon tetrachloride)
3. ఆస్బెస్టాస్ (Asbestos)
4. క్లోరోఫారమ్ (Chloroform)
5. క్రోమియమ్ (Chromium)
6. 1,4 - డై ఆక్జేన్ (1,4 - dioxane)

7. 1,2 - డై బ్రోమోఇథేన్ (1,2 - dibromoethane)
8. 1,2 - డై క్లోరోఇథేన్ (1,2 - dichloroethane)
9. నికెలు (Nickel)
10. నైట్రోసోమైన్‌లు (Nitrosamines)
11. పాలిసైక్లిక్ ఆరోమాటిక్ హైడ్రోకార్బన్‌లు (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)(PAHC)
12. వినైల్ క్లోరైడ్ (Vinyl Chloride) (VC)

1) ఆర్సెనిక్ (Arsenic) :

సహజావరణంలో కూడా 4 నుండి 6 Mgm^{-3} గాఢతలో ఆర్సెనిక్ (AS_2O_3) ఉంటుంది. లోహశుద్ధి కర్మాగారాలలో ఆర్సెనిక్ పదార్థం ఉప-ఉత్పాదనగా వెలువడుతుంది. ఆర్సెనిక్ పెంటాక్సైడ్ (AS_2O_5), సోడియమ్ ఆర్సెనేట్ ($Na_3ASO_4 . 12H_2O$) మొదలైన ఆర్సెనిక్ సంబంధిత పదార్థాల ఉత్పత్తిలో ఆర్సెనిక్ ఎక్కువగా ఉపయోగపడుతుంది. పారిశ్రామిక ప్రాంతాలలో ఆర్సెనిక్ గాఢత 20 నుండి 90 $Mg\ m^{-3}$ వరకు ఉంటుంది (Braman. 1976). ఆర్సెనిక్ ప్రభావంతో కాన్సర్ సంబంధ (Carcinogenic) వ్యాధులు వస్తాయని పరిశీలకుల భావన (IARI. 1976).

2) కార్బన్ టెట్రాక్లోరైడ్ (Carbon tetrachloride) :

కార్బన్ టెట్రాక్లోరైడ్ (CCl_4) ఫ్లోరోకార్బన్‌ల తయారీలో ఉపయోగపడుతుంది (Lowenheim and Moran. 1975). ట్రోపావరణంలో ఇది నిశ్చలంగా ఉంటుంది. కాలిఫోర్నియా గ్రామీణ ప్రాంతాలలో ఇది 0.11 ppb, లాస్ ఏంజిల్స్‌లో 0.13 ppb ఉంటుందని అంచనా. కార్బన్ టెట్రాక్లోరైడ్ పూర్తిగా ఆంత్రోపోజెనిక్ (Anthropogenic) గా ఉండి, జంతువులలో కాన్సర్ వ్యాధులను కలుగజేస్తుంది (IARC. 1972a).

3) ఆస్బెస్టాస్ (Asbestos) :

ఖనిజ సంబంధమైన గుణం గల చలువరాళ్ళను (Mineral Fibre) 'ఆస్బెస్టాస్' అంటారు. సిమెంటు పైపులు, షాబాదు రాళ్ళు (Flooring products), పైకప్పుకు వాడే సిమెంటు రేకులు (roofing products), సిమెంటు తొట్లు తయారు చేయటానికీ, కాగితం, బట్టల తయారీకి, వస్తువులు బిగించికట్టటానికి, పై పూతలకు ఆస్బెస్టాస్ విరివిగా ఉపయోగపడుతుంది. ఆస్బెస్టాస్ వాతావరణ పరిస్థితులను సమర్థవంతంగా ఎదుర్కొని చెడిపోకుండా ఉంటుంది. ఆస్బెస్టాస్ కార్సినోజెనిక్ (Carcinogenic) గా ఉన్నందువల్ల మానవులకు కాన్సర్ సంబంధ వ్యాధులు వచ్చే అవకాశాలున్నాయి (IARC. 1978).

4) క్లోరోఫారమ్ (Chloroform) :

ఫ్లోరోకార్బన్ రిఫ్రిజిరెంట్స్‌లో, విమానం నడిపే యంత్రాలలో, ఫ్లోరోకార్బన్ రెజిన్‌లలో క్లోరోఫారమ్ విరివిగా ఉపయోగపడుతుంది. ఇది సాధారణంగా నిశ్చలంగా ఉన్నప్పటికీ మెల్లమెల్లగా ఫాస్‌జీన్ (Phosgene), హైడ్రోక్లోరికామ్లం (HCl), క్లోరిన్ మోనాక్సైడ్ పదార్థాలుగా మారుతుంటుంది. కాలిఫోర్నియా గ్రామీణ ప్రాంతాలలో ఇది 0.02 ppb, పట్టణ ప్రాంతాలలో 0.1 ppb గాఢతలో ఉంటుందని అంచనా. క్లోరోఫారమ్ వల్ల ఎలుకలు కాన్సర్ సంబంధ వ్యాధులకు గురవుతాయి.

5) క్రోమియమ్ (Chromium) :

స్టెయిన్‌లెస్ స్టీలు, మిశ్రమ స్టీలు అరుగుదలకు, అధిక వేడిమికి తట్టుకునే లోహాలు, మిశ్రమ పోత ఇనుముల తయారీకి, లోహపు పూతలకు, చర్మం పదును పెట్టడానికీ, కొన్ని రసాయన పదార్థాల తయారీకి క్రోమియమ్‌ను విరివిగా వాడతారు. క్రోమియమ్ వల్ల కాన్సర్ సంబంధమై వ్యాధులు సోకవచ్చునని అభిప్రాయం ఉంది. (Christensen *et al*, 1976; USEPA, 1978 (b); IARC, 1978).

6) 1,4-డై ఆక్జేన్ (1,4 - dioxane) :

వార్నిష్‌లలో, రంగుల అద్దకంలో, డిటర్జెంటులలో, క్లోరిన్ సంబంధిత ద్రావిణుల (Chlorinated Solvents) లో స్థిరీకరణ కోసం 1,4-డై ఆక్జేన్ ను విరివిగా వాడతారు (Hawley, 1977). ఇది వాతావరణంలో మాత్రం స్థిరత్వాన్ని కల్గి ఉండదు. కొన్ని రకాల జంతువులకు (test animals) కాన్సర్ సంబంధ వ్యాధులను కలుగజేస్తుంది (IARC, 1976).

7) 1,2-డై బ్రోమో ఇథేన్ (1,2-Dibromoethane) :

గ్యాసోలీన్ (gasoline) శుభ్రత కోసం, విత్తనాలు నాటే ముందు నేలను పొగవేసి శుభ్రపరచటానికి 1,2 - డైబ్రోమో ఇథేన్‌ను విరివిగా వాడతారు. ఇది జిగురు, మైనం, లక్క మొదలైన మంటలను ఆర్పటానికి ద్రావితంగా పనిచేస్తుంది (Lowenhein and moran, 1975). ఇది వాతావరణంలో స్థిరత్వాన్ని కల్గి ఉండదు. U.S.A. లో గ్యాసోలీన్ స్థావర కేంద్రాల వద్ద, జాతీయ రహదారులపైనా దాదాపు 1.4 ppb గాఢతలో ఉంటుందని అంచనా వేశారు (Going and Long, 1975). ఇది ఎలుకలకు క్యాన్సర్ వ్యాధిని కలుగజేస్తుంది.

8) 1,2-డైక్లోరోఇథేన్ (1,2-Dichloroethane) ($C_2H_4Cl_2$) :

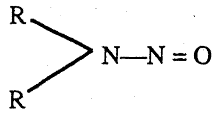
1,2 - డైక్లోరోఇథేన్ ను వినైల్ క్లోరైడ్ (Vinylchloride) ఉత్పాదనలో విరివిగా వాడతారు. గ్యాసోలీన్‌లో సీసం శుభ్రపరచడానికి (Lead Scavenger) . , బట్టల పరిశ్రమలో శుభ్రపరచటానికి, రంగు మరకలను తీసి వేయటానికి, సబ్బుల పరిశ్రమలో శుభ్రపరచటానికి 1,2 - డై క్లోరోఇథేన్ బాగా పని చేస్తుంది. అంతే కాకుండా నైలాన్, రేయాన్ ఇతర ప్లాస్టిక్ సంబంధమైన వస్తువుల తయారీలో కూడా ఎక్కువగా దీనిని వాడతారు (Bahlman *et al*, 1978). వాతావరణంలో 1,2 - డైక్లోరోఇథేన్ మెల్లమెల్లగా ఆక్సీకరణ చెందుతుంది. ఇది కూడా కాన్సర్ సంబంధ వ్యాధులను కలుగజేస్తుంది.

9) నికెలు (Nickel) :

ఇది రసాయన పదార్థాలు, పెట్రోలు, విద్యుత్ సంబంధ పరికరాలు, గృహ సంబంధ వస్తువులు, లోహ సంబంధ వస్తువుల్ను, ఇతర యంత్రాల తయారీలో ఎక్కువగా ఉపయోగపడుతుంది. అకర్బన నికెలు మానవునికి కాన్సర్ సంబంధ వ్యాధులను కలుగజేస్తుంది (IARC, 1978).

10) నైట్రోసోమైన్‌లు (Nitrosamines) :

రబ్బరు, కర్బన రసాయన పదార్థాలు, రాకెట్ సంబంధ ఇంధనాల తయారీలో ఇది చాలా ఉపయోగపడుతుంది. ఇది వాతావరణంలో స్వల్పంగా ఉంటుంది (Pitts *et al* 1978.a).



(నైట్రోస్ అమైన్‌లు)

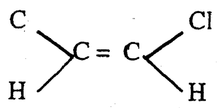
ఇది జంతువులకు, మానవునికి కాన్సర్ సంబంధ (Carcinogenic) వ్యాధులను కలుగజేస్తుంది.

11) పాలిసైక్లిక్ ఆరోమాటిక్ హైడ్రోకార్బన్‌లు (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) :

వాతావరణంలోని దుమ్ము-ధూళి (Particulate matter) లో సాధారణంగా పాలిసైక్లిక్ ఆరోమాటిక్ హైడ్రోకార్బన్‌లు ఉంటాయి. బొగ్గు గనులు, వాహనాలు, అడవులు, పురపాలక సంఘం చెత్తచెదారాల నుండి, పెట్రోలు శుద్ధి కర్మాగారాల నుండి ఇంధనం మండినపుడు ఇవి విపరీతంగా ఉత్పాదన అవుతాయి. ఇవి కాన్సర్ సంబంధ వ్యాధులను కలుగ జేస్తాయి.

12) వినైల్ క్లోరైడ్ (Vinyl Chloride) (VC) :

దీని రసాయనిక ఫార్ములా



వినైల్ క్లోరైడ్ నుంచి పాలివినైల్ క్లోరైడ్ (PVC) ఏర్పడుతుంది. వినైల్ క్లోరైడ్‌ను ప్లాస్టిక్ రెజిన్‌లో వాడుతారు. వినైల్ క్లోరైడ్ మెదడు, శ్వాసకోశాలకు క్యాన్సర్ వ్యాధులను కలుగజేస్తుంది (IARC, 1978).

వాయు కాలుష్యానికి కారణాలు - అదుపు
(Causes and Prevention of Air Pollution)

వాయు కాలుష్యానికి రెండే రెండు ముఖ్యమైన కారణాలు పేర్కొనవచ్చు. అవి

1. మోటారు వాహనాలు
2. పరిశ్రమలు
3. తుఫాను సముదాయాలు
4. ఎలక్ట్రోస్టాటిక్ ప్రెసిపిటేటర్లు

1) మోటారు వాహనాలు (Motar Vehicles)

ప్రపంచ వ్యాప్తంగా దాదాపు 300 మిలియన్‌లకు పైబడి కార్లు, జీపులు, ట్రక్కులు, బస్సులు మొదలైన వాహనాలెన్నో వివిధ రకాలుగా వినియోగించడం జరుగుతోంది. వాటి సంఖ్య దినదినాభివృద్ధి క్రమంగా పెరుగుతూనే ఉంది. భారతదేశంలో 1990 సంవత్సరం వరకు 2.7 మిలియన్ వాహనాలు వినియోగంలో ఉన్నాయి. దీనిలో 2.0 మిలియన్ల ద్విచక్ర వాహనాలు పెట్రోలు ఇంధనం ద్వారా నడుపబడుతున్నాయి. రాజస్థాన్ రాష్ట్రంలో రిజిష్టరైన మొత్తం వాహనాల సంఖ్య 5,00,000 లకు మించింది. వీటిలో 52.89% మోపెడ్‌లు, స్కూటర్లు, మోటారు సైకిళ్ల మొదలైన ద్విచక్రవాహనాలు ఉన్నాయి. ట్రాక్టర్లు 14.98%, ట్రక్కులు 5.25%, కార్లు 9.55%, జీపులు 6.4%, ఆటోరిక్షాలు 4,60%

ఉన్నాయి. రాజస్థాన్‌లోని జయపూర్ జిల్లాలో డిసెంబర్ 1984 వరకు 1,23,675 వాహనాలున్నట్లు నమోదయ్యింది. ఇవి ఆ రాష్ట్రం మొత్తం వాహనాలలో 25.37% ఉంటాయి. జయపూర్ కాకుండా జోథ్‌పూర్, కోటా, శ్రీ గంగాధర, ఉదయ్‌పూర్, అజ్మీర్ మొదలైన ఐదు జిల్లాలో రాష్ట్రంలోని మొత్తం వాహనాలలో 5% మాత్రమే ఉంటాయి (P.S. Rajvanshy and A.K. Bhargava, 1986).

భారతదేశంలో అన్ని మహానగరాలలో ప్రతిరోజు 800 నుంచి 1000 టన్నుల వరకు వివిధ కాలుష్యకాలు వాతావరణంలో కలుస్తున్నాయి. దీనిలో 50% కాలుష్యం ఆటోమొబైల్ యంత్రాల ద్వారానే ఉత్పన్నమవుతుంది. కేంద్రపాలిత మహానగరాలలో వాహనాల కాలుష్యకాలలో 70% కార్బన్‌మోనాక్సైడ్, 50% హైడ్రోకార్బన్‌లు, 30% నుంచి 40% వివిధ రకాల ఆక్సైడ్‌లు, 30% దుమ్ము, ధూళి రేణువులు ఉంటున్నాయి. కేవలం ఢిల్లీ మహానగరంలో 8,60,000 వాహనాలు వినియోగపడుతున్నాయి. వీటి మూలంగా ప్రతీరోజు 325 టన్నుల కార్బన్‌మోనాక్సైడ్, సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్, నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లు, హైడ్రోకార్బన్‌లు, ఇతర కాలుష్యకాలు వాతావరణంలో కలుస్తున్నాయి. ఈ విధంగా పెరుగుతున్న కాలుష్యాన్ని 1991-1992 వరకు నిర్మూలించక పోయినట్లైతే 50% కార్బన్‌మోనాక్సైడ్, 80% హైడ్రోకార్బన్‌లు వాతావరణంలో చేరగలవని హెచ్చరిక, ఒక కారు ప్రయాణంలో 1000 లీటర్ల పెట్రోలు ఇంధనంగా వాడినపుడు దాదాపు 350 కి.గ్రా. కార్బన్ మోనాక్సైడ్, 0.6 కి.గ్రా సల్ఫర్ డయాక్సైడ్, 0.1 కి.గ్రా. సీసం, 1.5 కి.గ్రా దుమ్ము-ధూళి రేణువులు విడుదల అవుతాయని అంచనాలు వేయడం జరిగింది. ఆటోమొబైల్ యంత్రాలు గల వివిధ వాహనాల ఎక్సాస్ట్ సిస్టమ్ (exhaust system), ఫ్యుయెల్ ట్యాంక్ అండ్ కార్బురేటర్ సిస్టమ్ (Carburettor System), క్రాంక్ కేస్ సిస్టమ్ (Crank Case System) మొదలైన పద్ధతులపై నడుస్తాయి. ఈ పద్ధతుల ద్వార సరిగా కాలనటువంటి ఇంధనం హైడ్రోకార్బన్‌లు, కార్బన్ మోనాక్సైడ్, నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లు, లెడ్ ఆక్సైడ్‌ల రూపంలో అధికంగా వెలువడుతుంది. ఇంతే కాకుండా ఆల్డిహైడ్‌లు, ఫినాయిల్‌లు, ఈస్టరులు, ఈథర్‌లు, పెరాక్సైడ్‌లు, కెటోన్‌లు మొదలైన పదార్థాలు కూడా సూక్ష్మ పరిమాణంలో వెలువడి సూర్యకాంతిలో పొగమంచు ఏర్పడుతుంది.

సాంకేతిక పరమైన అధునాతన విజ్ఞానంతో ఆటోమొబైల్ యంత్రాల నిర్మాణంలో మార్పులు చేర్పులు చేసి కాలుష్యానికి తావులేని నూతన యంత్రాలను రూపకల్పన చేయాలి. ఆయిల్ ట్యాంకుల నుంచి పెట్రోలు ఆవిరి రూపంలో హైడ్రోకార్బన్‌లుగా వాతావరణంలో కలుస్తుంది. వాహనాలలోని కార్బురేటర్‌ల ద్వారా సగం కాలిన హైడ్రోకార్బన్‌లు వాతావరణంలో కలుస్తాయి. పెట్రోలు ఆవిరి కాకుండా తగిన పద్ధతులలో గ్యాసోలీన్‌ను కల్పి హైడ్రోకార్బన్‌లను అరికట్టవచ్చు. ఎక్కువ కాలుష్యాన్ని వదిలే వాహనాలను రద్దు చేసి కాలుష్యాన్ని అదుపు చేయవచ్చు.

2) పరిశ్రమలు (Industries) :

పరిశ్రమల నుంచి రసాయన ప్రతిచర్యల మూలంగా సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్, కార్బన్‌డైసల్ఫైడ్, హైడ్రోజన్‌సల్ఫైడ్ వాయువులు వెలువడి నిత్యం వాతావరణంలో కలుస్తున్నాయి. థర్మల్ శక్త్యాగారాల నుంచి సల్ఫర్ డయాక్సైడ్, నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లు మొదలైన ప్రాణాంతకమైన వాయువులు వెలువడి తరచూ ఆమ్లవర్షాలకు కారణమవుతున్నాయి. బొగ్గుతో నడిచే పరిశ్రమలు, పెట్రోలు శుద్ధి కర్మాగారాలు సల్ఫర్ డయాక్సైడ్ వాయువును విపరీతంగా విడుదల చేస్తాయి. కేవలం పెట్రోలు శుద్ధి కర్మాగారాల

నుంచి 1970 సంవత్సరం వరకు 2.1 మిలియన్ టన్నుల విషవాయువులు వాతావరణంలోకి వెలువడుతున్నాయి. మధుర పెట్రోలియం శుద్ధి కర్మాగారం నుంచి వెలువడ్డ విషవాయువుల మూలంగా అక్కడి నుంచి 64 కి.మీ. దూరంలో నున్న తాజ్‌మహల్ (Taj Mahal), ఆ పరిసర ప్రాంతాలలోని ఎట్‌మాడ్ ఉద్దౌల (Etmad-ud-daula), ఫతేపూర్ సిక్రి (Fathepur Sikri) మొదలైన అపురూపమైన కట్టడాలు, శిలాఖండాల సంక్లిష్టానికి విపత్తును కలుగ జేస్తున్నాయి. మధురలోని ప్రఖ్యాతి గాంచిన గుడి-గోపురాలు, భారత్‌పూర్ 'గుహ అడవి'లోని పక్షి సంరక్షణ కేంద్రం (Bird Sanctuary) కూడా తీవ్రంగా దెబ్బతింటున్నాయి. ఇంద్రప్రస్థలోని థర్మల్ శక్త్యాగారం నుంచి, వివిధ వాహనాల నుంచి వెలువడిన విషవాయువుల వల్లనూ పాత ఢిల్లీలోని లోకోమోటివ్ యంత్రాల నుంచి విడుదలైన పొగవల్లనూ ఢిల్లీలోని ఎర్రకోట, హుమాయూన్ గోరి మొదలైన అపురూపమైన కళాఖండాలు రోజురోజుకు దెబ్బతింటున్నాయి. వివిధ సిమెంటు కర్మాగారాల నుంచి వెలువడ్డ సిమెంటు, దుమ్ము-ధూళి రేణువులు కార్మికులకే కాకుండా ఆయా ప్రాంతాల ప్రజలకు అనేక వ్యాధులను కలుగజేస్తున్నాయి. కోటా థర్మల్ శక్త్యాగారం నుంచి ప్రతీరోజూ 16262.4 టన్నుల కార్బన్ మోనాక్సైడ్, 1558.16 టన్నుల సల్ఫర్ డయాక్సైడ్, 1440.00 నుండి 1612.00 టన్నుల దుమ్ము-ధూళి రేణువులు, 27.17 నుండి 74.73 టన్నుల బూడిద రేణువులు (Fly Ash) ఉత్పన్నమవుతున్నాయి.

పారిశ్రామిక సంబంధమైన కాలుష్యాలను అక్కడికక్కడే అదుపు చేయటానికి తగిన చర్యలను చేపట్టాలి. అందుకుగాను పొడవైన చిమ్నీగొట్టాలను విధిగా ఉపయోగించాలి. ప్రజానీకానికి దూరంగా పరిశ్రమలను స్థాపించాలి. పరిశ్రమల ప్రాంతాలలో దట్టంగా వృక్షాలను పెంచాలి.

3) తుఫాను సముదాయాలు (Cyclone Collectors) :

వాయుకాలుష్యంలోని దుమ్ము-ధూళి రేణువులను కేంద్రాభిసార బలంతో తుఫాను సముదాయాలకు అంటేటట్లుగా చేసి నిర్మూలించవచ్చు. ఈ పద్ధతిలో సాధారణంగా 80% దుమ్ము రేణువులు తొలగింపబడతాయి.

4) ఎలక్ట్రోస్టాటిక్ ప్రెసిపిటేటర్లు (Electrostatic Precipitators) :

ఒకానొక ప్రదేశంలోని దుమ్ము-ధూళి రేణువులను ఎలక్ట్రోస్టాటిక్ ప్రెసిపిటేటర్లను, విద్యుత్ సాధనాలను ఉపయోగించి తొలగించవచ్చు. ఈ సాధనాల వల్ల 99% కాలుష్యాన్ని అదుపు చేయటానికి అవకాశాలున్నాయి. ఈ సాధనాల వినియోగం వల్ల థర్మల్ శక్త్యాగారాలలో, పేపరు మిల్లులో, సిమెంటు మిల్లులలో, బొగ్గుతో నడిచే వివిధ కర్మాగారాలలో కాలుష్యం అక్కడికక్కడే నిర్మూలించబడుతుంది. ఎలక్ట్రోస్టాటిక్ ప్రెసిపిటేటర్లతో శుభ్రం కాని కాలుష్యాన్ని పీచు కుంచెలతో రుద్ది పూర్తిగా శుభ్రపరచి కాలుష్యాన్ని నిర్మూలించవచ్చు.

వాయుకాలుష్యం - నిర్మూలన (Air pollution - Control measures) :

ఆధునిక దేశాలతో పాటు భారతదేశం కూడా వాతావరణ కాలుష్య సమస్యలను సమర్థవంతంగా ఎదుర్కొంటుంది. కేంద్ర ప్రభుత్వానికి తోడు రాష్ట్ర ప్రభుత్వాలు కూడా కాలుష్య నివారణ కోసం చట్టాలను, శాసనాలను రూపొందించాయి. కానీ దురదృష్టవశాత్తు వాటి ఆచరణ మాత్రం శూన్యమనే

చెప్పాలి. అయినప్పటికీ ఎన్విరాన్‌మెంట్ ప్రొటెక్షన్ ఆక్ట్ 1986, ప్రకారం కేంద్ర ప్రభుత్వానికి కాలుష్య నివారణ నిమిత్తం సర్వాధికారాలు ఉన్నాయి. అందువల్ల కాలుష్యానికి కారణమైన పరిశ్రమలకు విద్యుత్ సరఫరా, నీటి సరఫరాను నిల్పివేసి కాలుష్యాన్ని నిర్మూలించగలుగుతుంది.

చట్టపరంగా కాకుండా వాయుకాలుష్యాన్ని మూడు పద్ధతుల ద్వార సునాయాసంగా నిర్మూలించవచ్చును. అవి

1. **తడి వ్యవస్థ (Wet System)**
2. **పొడి వ్యవస్థ (Dry System)**
3. **తడి-పొడి వ్యసస్థ (Wet-dry System)**

1) తడి వ్యవస్థ (Wet System) :

స్థూపాలను, గోపురాలను, అపురూప కళాఖండాలను క్షారసంబంధ ద్రవ పదార్థాల చేత కడిగినపుడు ఈ ద్రావణం సల్ఫర్ డయాక్సైడ్‌తో రసాయనచర్య పొంది కాలుష్యాన్ని నివారిస్తుంది.

2) పొడి వ్యవస్థ (Dry System) :

డోలమైట్ CaMg $(CO_3)_2$, కాల్షియమ్ ఆక్సైడ్ (Cao), కాల్షియమ్ హైడ్రాక్సైడ్ మొదలైన పదార్థాలను, సల్ఫర్ డయాక్సైడ్ వాయువుతో కలుషితమైన ప్రాంతాలలో ఉంచినపుడు అవి సల్ఫర్ డయాక్సైడ్‌తో చర్యపొంది కాలుష్యాన్ని నివారిస్తాయి. ఇది చాలా ఖర్చుతో కూడుకున్న పని.

3) తడి-పొడి వ్యవస్థ (Wet-dry System) :

బొగ్గుతో నడిచే కర్మాగారాలలో బాయిలర్లను శుభ్రం చేయటానికి నీటితో కడిగినపుడు ఈ నీరు సల్ఫర్ డయాక్సైడ్‌ను కరిగించి కాలుష్యాన్ని నిర్మూలిస్తుంది. కాల్షియమ్ హైడ్రాక్సైడ్ చుక్కలను సల్ఫర్ డయాక్సైడ్ వాయువు ఆవిరిపై చల్లినపుడు కాల్షియమ్ సల్ఫర్ డయాక్సైడ్‌ను గ్రహిస్తుంది. తర్వాత సల్ఫర్ డయాక్సైడ్ లవణాల రూపంలో మిగిలిపోయి కాలుష్యనివారణ జరుగుతుంది. U.S.A. లోని అతి పెద్దదైన DRYPAC కర్మాగారాన్ని గ్రాండ్ రివర్ డామ్ అథారిటీ (Grand River Dam Authority) వారు నడుపుతూ, తడి-పొడి పద్ధతి ద్వారా కాలుష్య నివారణ జరుపుతున్నారు.

ముద్రణ యంత్రాలలో, రంగుల పరిశ్రమలలో, రేయాన్, ప్లాస్టిక్, డ్రైక్లీనింగ్ యంత్రాలు, ఆహార పదార్థాలు తయారు చేసే యంత్రాలు, మత్తుపదార్థాలు, ఔషధాల తయారీ యంత్రాలలో - బొగ్గును కాలుష్య నివారణ కోసం వాడతారు. పెట్రోలియం కర్మాగారాలలో విడుదలవుతున్న విషవాయువులను సాంకేతిక పద్ధతుల ద్వార మండించటానికి ఉపయోగించి కాలుష్యాన్ని నిర్మూలించవచ్చు.

భోపాల్ దుర్ఘటన (Bhopal Disaster) :

ప్రపంచంలో సంభవించిన అతిపెద్ద దుర్ఘటనల్లో భోపాల్ దుర్ఘటన ఒకటి. భోపాల్ మధ్యప్రదేశ్ రాజధాని నగరం. డిసెంబర్ 2, అర్ధరాత్రి 1984 నాడు భోపాల్ యూనియన్ కార్బైడ్ కర్మాగారం (Union Carbide Plant) లో మిథైల్ ఐసోసయనేట్ స్టోరేజ్ ట్యాంకు (Methyl isocyanate Storage tank) అకస్మాత్తుగా పగిలిపోవడం వల్ల ఈ దుస్సంఘటన సంభవించింది. ఇది పారిశ్రామిక సంబంధమైన మహా విపత్తు.

భోపాల్ దుర్ఘటన జనవరి 1978 సంవత్సరంలో మెక్సికో నగరంలో సంభవించిన న్యూ ఫ్లోరిడా (New Florida) దుర్ఘటన వంటిదే. క్లోరిన్‌తో నిండి ఉన్న రైలు వ్యాగన్లు ప్రమాదవశాత్తు పట్టాలు తప్పి పోవడం వల్ల ఫ్లోరిడా దుర్ఘటన సంభవించింది. ఈ దుర్ఘటన ప్రభావం జర్మనీలో సంభవించిన మొదటి ప్రపంచ యుద్ధాన్ని గుర్తు చేస్తుంది.

భోపాల్ యూనియన్ కార్బైడ్ కర్మాగారంలో వ్యవసాయానికి మహోపకారియైన కార్బోరిల్ (Carboryl) అన్న క్రిమిసంహారక మందు పెద్ద మొత్తంలో తయారవుతుంది. అంతేకాకుండా ఈ కర్మాగారంలో కార్బమేట్ (Carbamate) అనే కీటక సంహారిణి కూడా తయారవుతుంది. ఇది టామిక్ (Tamic), కార్బోఫరాన్ (Carbofaran or faradan), బేగన్ (Baygan) మొదలైన కీటకనాశక మందుల రకానికి సంబంధించింది. కీటకాల బారి నుండి వ్యవసాయ పంటలను రక్షించటానికి ఈ మందులను వ్యవసాయదారులు తరచుగా వాడుతారు.

కార్బోరిల్ క్రిమిసంహారక మందు తయారీలో రసాయన చర్యలు :

$$CO + Cl_2 \longrightarrow COCl_2$$

కార్బన్ మోనాక్సైడ్ + క్లోరిన్ → పాస్‌జన్

$$COCl_2 + CH_3NH_2 \longrightarrow CH_3NCO + HCl$$

పాస్‌జన్ + ... → మిథైల్ ఐసో సయనేట్ + హైడ్రోక్లోరిక్ ఆమ్లం

$$CH_3NCO + \text{1-నాఫ్తాల్} \longrightarrow \text{కార్బోరిల్}$$

మిథైల్ ఐసోసయనేట్

కార్బోరిల్, కార్బమేట్ వంటి క్రిమిసంహారక మందుల తయారీలో నాలుగు రకాల ముఖ్యమైన పారిశ్రామిక విషపదార్థాలను వివిధ దశలలో వాడుతారు. అవి

1) కార్బన్ మోనాక్సైడ్ (CO)
2) క్లోరిన్ (Cl_2)
3) పాస్‌జన్ ($COCl_2$)
4) మిథైల్ ఐసో సయనేట్ (MIC)

విపత్తుకు కారణం (Cause of mishap) :

మిథైల్ ఐసోసయనేట్ వాయువు బాష్పీభవన ఉష్ణోగ్రత (boiling point) 39^0C. ఇది సాధారణ వాయువు కంటే బరువుగా ఉంటుంది. అందువల్ల ఈ వాయువు భూమట్టం నుండి కొద్ది పాటి ఎత్తువరకు వ్యాపించి ఉండవచ్చు. యూనియన్ కార్బైడ్ కర్మాగారానికి సంబంధించిన మిథైల్ ఐసోసయనేట్ వాయువు గల ట్యాంక్‌లోకి ప్రమాదవశాత్తు నీరు ప్రవేశించి ఉండవచ్చునని అధికారులు ఊహిస్తున్నారు. మిథైల్ ఐసోసయనేట్ వాయువు నీటితో ఎక్సోథర్మల్ రసాయన చర్య (Exothermal Chemical reaction) జరిపి కార్బన్ డయాక్సైడ్, మిథైల్ అమీన్ (CH_3NH_2) అన్న రసాయన పదార్థాలు ఏర్పడ్డాయి. ఇవి లోహ సంబంధమైన మలిన పదార్థాలతో కలిసినపుడు పాలిమెరైజేషన్ (Polymerisation) చర్య ద్వార 250^0C వరకు అత్యధిక ఉష్ణం పుడుతుంది. ఈ వేడిమికి ఆ ట్యాంకులోని మిథైల్ ఐసోసయనేటు

వాయువు విపరీతమైన ఒత్తిడికి (pressure) లోనై ట్యాంకు ప్రేలింది. ఆ ట్యాంకులోని మిథైల్ ఐసోసయనేట్ వాయువంతా వాతావరణంలోకి విడుదలై ఆకాశానికి ఎగసిపోయింది. ఈ విధంగా వాతావరణంలో కలిసిన మిథైల్ ఐసోసయనేటు వాయువు పూర్తిగా చల్లబడిన తర్వాత భూ ఉపరితలాన్ని చేరి, దాదాపు 6 కి.మీ. వ్యాసార్థం గల ఆ కర్మాగారం ప్రాంతాన్ని విషపూరితం చేసింది. ఈ ఘోరవిపత్తు జరిగిన తర్వాత ఆ ట్యాంకును పరిశీలించినపుడు పాలిమెరిక్ పదార్థాలు (Polymeric-non volatile), కొన్ని ఇతర రసాయన పదార్థాలు అందులో మిగిలి ఉండడం గమనించారు.

మహా విపత్తు ఫలితాలు (Results of the Mishap) :

ఈ విషాద దురంతం వల్ల మిథైల్-ఐసో సయనేట్ విషవాయువు పెద్ద మొత్తంలో విడుదల చెంది ఆ ప్రాంతాన్ని పూర్తిగా విషపూరితం చేసింది. ఆ ప్రాంతంలోని ప్రజలు, జంతువులు, పక్షులు, వివిధ క్రిమికీటకాదులు శ్వాసక్రియలో ఈ విషవాయువును పీల్చగా, ఈ వాయువు శ్వాసకోశాలలో ప్రవేశించి శ్వాసకోశాలకు తీవ్రమైన రంధ్రాలు పడి వెంటనే ప్రాణాపాయం సంభవించింది. అంతే కాకుండా మిథైల్ ఐసోసయనేటు వాయువు చురుకుగా రసాయన చర్యలలో పాల్గొంటుంది. కాబట్టి ఈ వాయువు రైబోన్యూక్లియేజ్‌ను చురుకుదనం లేకుండా చేసి కణజీవ చర్య (cell metabolism) లో జోక్యం కల్పించుకుంటుంది. ఈ వాయువు వల్ల కోలినెస్టోరేజ్ (Cholinestorase) చురుకుదనం తగ్గి తద్వారా CNS పూర్తిగా తగ్గి, కోమా (Coma) దశకు చేరి తర్వాత మరణం సంభవిస్తుంది. మిథైల్ ఐసోసయనేటు వాయువు కేంద్రకామ్లాలలోని ప్యూరిన్‌లతోనూ (purines), పిరిమిడిన్‌లతోనూ (Pyrimidine) చర్యనొంది ఉత్పరివర్తన ల ద్వారా (Mutagenic) తరతరాలకు సంక్రమించి అనూహ్యమైన వ్యాధులను కలిగిస్తుంది.

ఈ సంఘటన జరిగిన వెనువెంటనే చురుకైన సహాయ చర్యలు బాధితులకు అందలేదు. వేల మంది బాధితులకు సమగ్రమైన విరుగుడు మందులు, ఔషధాలు చాలా రోజుల వరకు అందుబాటులో లేవు. అయినప్పటికీ కొన్ని అంటు వ్యాధులకు వివిధ రకాల ఆంటి బయాటిక్ మందులు, కంటి వ్యాధులకు కంటి చుక్కల మందులు, వాపులకు, కురుపులకు, గడ్డలకు హైడ్రోకార్టిజోన్ (Hydrocartisone) వంటి అనేక ఔషధాలను వ్యాధిగ్రస్తులకు అందించడం జరిగింది. ఈ విధంగా ఎడతెరిపి లేని వైద్య సౌకర్యాలు అందజేసినప్పటికీ కొత్త లక్షణాలతో కొత్త కొత్త వ్యాధులు నేటికీ సంభవిస్తున్నాయి. చర్మ వ్యాధులు, గొంతునొప్పి, కంటి వ్యాధులు, భరించరాని ఛాతినొప్పులు (Chest pains), శ్వాసకోశ వ్యాధులు ప్రబలంగా ఉన్నాయని బాధితుల నుంచి ఫిర్యాదులు అందాయి. కొంతమంది టాక్సికాలజిస్టులు (Toxicologists) జరిపిన సర్వేలో మిథైల్ ఐసోసయనేటు వాయువు ప్రభావంతో పక్షవాతం (Paralysis) వంటి అనేక దీర్ఘకాలిక వ్యాధులు రావచ్చునని తెలుస్తుంది.

లోపభూయిష్టమైన అదుపు చర్యలు (Failure of preventive devices) :

భోపాల్‌లోని యూనియన్ కార్బైడ్ కర్మాగారం నిర్వహణ దురదృష్టవశాత్తు లోపభూయిష్టంగా ఉంది. కాబట్టి అధికారులు, కార్మికులు విపత్తు జరిగిన వెనువెంటనే సమగ్ర అదుపు సహాయక చర్యలు చేపట్టలేకపోయారు. యాజమాన్యం నిర్లక్ష్యం వల్ల 30 మీటర్ల ఎత్తులోనున్న వెంట్‌గ్యాస్ స్క్రబ్బర్ (Vent gas Scrubber) యంత్రం చెడిపోయి విధి నిర్వాహణకు ఉపయుక్తంగా లేదు. అగ్నిగోపురానికి (Fire tower) సరియైన నిర్వాహణ లేక త్రుప్పుపట్టి పూర్తిగా చెడిపోయింది, అత్యవసరానికి ఉపయోగపడలేక పోయింది.

చల్లబరచే వ్యవస్థ (Refrigeration system) కు సంబంధించిన యంత్రం చెడిపోయిన కారణంగా విషత్తు నిర్మూలన సహాయార్థం ఉపయోగపడలేదు. నీటి పిచికారి యంత్రం (Sprayer) కొంతవరకు పనిచేసినప్పటికీ ఉద్భుతమైన విషవాయువును అరికట్టి అదుపు చేయలేక పోయింది. మిథైల్ ఐసోసయనేటు వాయువుగల పగిలిన ట్యాంకును విశాలమైన భద్రతా పెట్టె (Safety box) భద్రపరుచ లేకపోయింది. భద్రతా పెట్టె ఉన్నప్పటికిని నిరుపయోగమై పడి ఉంది. అత్యవసర పరిస్థితుల నెదుర్కోవటానికి అవసరమైన శిక్షణ, అభ్యాసం, తర్ఫీదు లేకపోవటంచేత సిబ్బంది, కార్మికులు ఈ దుస్సంఘటనను ఎదుర్కోలేకపోయారు.

సిఫారసులు (Recommendations) :

హరితవిప్లవం, ఆధునిక నాగరికతల దృష్ట్యా వ్యవసాయ రంగంలో గణనీయమైన అనేక నూతన మార్పులు వచ్చాయి. వ్యవసాయ రంగంలో ఫలసాయ దిగుబడుల విలువలను గణనలోకి తీసుకున్నపుడు క్రిమినాశక మందుల తయారీని నిలుపుదల చేసి, తత్సంబంధ మందులు ప్రమాదకరమైనప్పటికీ వాటిని వదులుకోలేము. నిజానికి భోపాల్ క్రిమినాశక మందుల కర్మాగారం అధునాతనమైంది కాదు. ఇటువంటి పాత సాంప్రదాయ సంబంధమైన కర్మాగారాలను కంప్యూటర్ విధానాలతో ఆధునీకరించి ఇటువంటి దుస్సంఘటనలకు తావు లేకుండా చేయాలి. భోపాల్ కర్మాగారం స్థాపనకు పూర్వం ఆ ప్రాంతానికి సంబంధించిన ప్రజానీకాన్ని బహుదూర సురక్షిత ప్రాంతాలకు తరలించలేదు. ఈకర్మాగారంలో ప్రాణాపాయకరమైన 4 రకాల వాయువులను వాడినపుడు భోపాల్ వంటి జనసమ్మర్ధమైన పట్టణం నుండి కర్మాగారాన్ని సురక్షిత, సుదూర ప్రాంతాలకు మార్చవలసి ఉంది. నేర్పు, సామర్థ్యం గల సిబ్బందిని నియమించటం వల్ల విపత్కర పరిస్థితులను సునాయాసంగా తప్పించుకోవచ్చు. సక్రమ యాజమాన్యం, సరియైన కార్యనిర్వాహణ గల సిబ్బంది ఎప్పటికప్పుడు తగు జాగ్రత్తలను కల్గి ఉండాలి.

హరితగృహ ప్రభావం (Green House Effect)

పర్యావరణ దినం (Environmental Day) :

జూన్ 5, 1972 సంవత్సరంలో యునైటెడ్ నేషన్స్ ఎడ్యుకేషనల్, సైంటిఫిక్ అండ్ కల్చరల్ ఆర్గనైజేషన్ (UNESCO) వారు నిర్వహించిన స్టాక్‌హోమ్ మహాసభ ఫలితంగా "మానవుడు-పర్యావరణం' అనే అంశం ఆవశ్యకత గురించి ప్రపంచ వ్యాప్తంగా అవగాహన ఏర్పడింది. ఆనాటి స్టాక్‌హోమ్ మహాసభ వేదికపై మానవుడు, పర్యావరణ నాణ్యత, సహజవనరుల సంరక్షణ కోసం తీసుకోవలసిన చర్యలు సూత్రప్రాయంగా తీర్మానించడం జరిగింది. అప్పటి నుంచి ప్రతీ సంవత్సరం జూన్ 5 వ తేదీని 'ప్రపంచ పర్యావరణ దినం' (World Environmental day) గా గుర్తించి వేడుకలు జరుపుకుంటున్నాము.

యూరపు ఖండం, ఉత్తర అమెరికా ఖండాల్లోని ఉష్ణ దేశాలకు సంబంధించినంత వరకు జూన్ మాసంలో ఎండలు తీవ్రంగా ఉండడం వల్ల ఆ మాసాన్ని సెలవుల మాసంగా పరిగణిస్తారు. భారతదేశంలో సైతం జూన్ నెలలో ఏవో కొన్ని పర్వత ప్రాంతాలు తప్ప అన్ని ప్రాంతాలలో ఇదే సంకటపరిస్థితి ఉంటుంది. ఈ నెలలో 35°C నుండి 45°C వరకు అధిక ఉష్ణోగ్రత, నీటి కొరత, తరచు విద్యుత్ సరఫరా నిలచిపోవడం సర్వసాధారణం. కాబట్టి జూన్ మాసంలో 'ప్రపంచ పర్యావరణ దినం' వేడుకలు తప్ప ఎటువంటి పండుగ వేడుకలు జరగవు.

మన పూర్వీకులు ప్రతీ సంవత్సరం మార్చి-ఏప్రిల్ నెలల్లో వసంతోత్సవాలు, 'ఉగాది' మొదలైన పండుగ వేడుకలను నిర్ధారించారు. వసంత రుతువులో వృక్ష సంపద చిగురించిన పచ్చని చెట్లతో, పూదోటలతో, కోకిల కూజితాలలో విరాజిల్లి కన్నుల పండుగగా ఉండి మనస్సును ఆహ్లాదపరుస్తుంది. కానీ సాంప్రదాయ బద్ధమైన వసంతోత్సవాల కంటే ప్రపంచ పర్యావరణ దినోత్సవానికి పర్యావరణ పరిరక్షణ దృష్ట్యా ప్రత్యేక ప్రాధాన్యత ఇవ్వడం జరుగుతుంది.

హరితగృహ ప్రభావమంటే ఏమిటి ?

కార్బన్‌డయాక్సైడ్, నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లు, క్లోరోఫ్లోరోకార్బన్‌లు (CFC_s), హైడ్రోఫ్లోరో కార్బన్‌లు (HFC_s), మిథేన్ మొదలైన వాయువులన్నింటినీ కలిపి 'హరిత గృహవాయువులు' (Green house gases) అనీ, ఆ వాయువులు జీవావరణం-భౌమావరణంపై చూపే ప్రభావాన్ని 'హరిత గృహ ప్రభావం' (Green House Effect) అనీ అంటారు. హరిత గృహ వాయువులలో 50% కార్బన్ డయాక్సైడ్, కార్బన్ మోనాక్సైడ్, 20% క్లోరోఫ్లోరోకార్బన్‌లు, హైడ్రోఫ్లోరోకార్బన్‌లు, 12% మిథేన్, మిథనాల్‌లు, 7% నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లు, 11% ఇతర వాయువులు ఉంటాయి.

ప్రపంచ పర్యావరణ సమస్యల జాబితాలోకెల్ల జీవ-భౌమావరణ సమస్యలకు అత్యధిక ప్రాధాన్యత ఇవ్వబడింది. ఈ సమస్యలు శక్తి వనరుల ఉత్పాదన పద్ధతులకు ఇంధన వినియోగానికి ముడివడి ఉన్నాయి. శక్తి వనరుల కోసం విపరీతమైన శిలాజ ఇంధనాన్ని వినియోగించడం వల్ల విడుదలైన కార్బన్ డయాక్సైడ్ వాయువు వాతావరణంలోకి వదిలిపెట్టబడుతుంది. థర్మల్ విద్యుదుత్పాదన, పరిశ్రమలు, రవాణా సాధనాలు మొదలైనవి ఇంధన వనరుల మీద పూర్తిగా ఆధారపడి ఉన్నాయి. ఇంధనముల మండినపుడు కార్బన్ డయాక్సైడ్, నైట్రస్ ఆక్సైడ్ వాయువులు వెలువడతాయి. చల్లబరిచే యంత్రాల నుంచి, లోహాలు కరిగించే కొలిముల నుంచి, వ్యోమగామ శకటాలను నడిపే సాధనాల నుంచి, ఆటోమొబైల్ యంత్రాల నుంచి, వాహనాల నుంచి హైడ్రోఫ్లోరోకార్బన్ వాయువులు విపరీతంగా వెలువడుతున్నాయి. పంటపొలాలపై క్రిమినాశక మందులు చల్లడం వల్ల, విపరీతమైన రసాయన ఎరువుల వాడకం వల్ల క్లోరోఫ్లోరోకార్బన్‌లు, మిథేన్ వాయువులు వెలువడి వాతావరణాన్ని కలుషితం చేస్తున్నాయి. మిథేన్‌ను రవాణా ఇంధనంగా వాడటం వల్ల ప్రాణాపాయకరమైన మిథనాల్ మదింపు కూడా ఏర్పడుతుంది.

హరిత గృహప్రభావానికి గల కారణాలు :

ఓక్‌రిడ్జ్ జాతీయ ప్రయోగశాల (Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge) శాస్త్రవేత్తలు కంప్యూటర్ల సహాయంతో వివిధ ప్రపంచ దేశాలలో వివిధ కాలాలలో వాడిన ఇంధన నిధుల వివరాలను తెలుసుకొని వాటి ద్వారా ఉత్పన్నమైన హరితగృహ వాయువులను అంచనా వేయటానికి తగిన పద్ధతులను కనుక్కున్నారు. టెన్నెస్సీ (Tennessee), యునైటెడ్ స్టేట్స్ ఆఫ్ అమెరికా (USA) వారు యునైటెడ్ స్టేట్స్ బ్యూరో ఆఫ్ మైన్స్ (U.S Bureau of Mines) వారి సహాయ సహకారాలతో యునైటెడ్ నేషన్స్ స్టాటిస్టిక్స్ ఆఫీస్ (United Nations Statistics Office) ద్వారా హరిత గృహ వాయువుల విడుదల రేటును, అవి జీవభౌమావరణంపై చూపే హరితగృహ ప్రభావ సూచనలను, తత్సంబంధ వ్యూహాలను నమ్మదగిన సమాచారాన్ని అందించారు. అర్థం చేసుకొని అదే విధంగా ఇండియన్ మెటిరియాలాజికల్ ఆర్గనైజేషన్ వారు అనేక అబ్జర్వేటరీలను, ఫీల్డ్ స్టేషన్లను వివిధ ప్రాంతాలలో నెలకొల్పి, భారతదేశంపై

హరితగృహ ప్రభావ సంబంధ సమాచారాన్ని UNO వారికి అందించనున్నారు. ఓక్‌రిడ్జ్ జాతీయ ప్రయోగశాల వారు 37 సంవత్సరాల క్రితం నుండి వరుసగా కార్బన్ డయాక్సైడ్, నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లు, మిథేన్, హైడ్రోఫ్లోరోకార్బన్‌లు, హైడ్రో కార్బన్‌లు, క్లోరోఫ్లోరోకార్బన్‌లు మొదలైన వాయువుల విడుదలను కూలంకషంగా పరిశీలనలు జరిపి ఆసక్తికరమైన వివరాలను తెలియపరచారు. వాటిలో కొన్నింటిని ఇక్కడ చర్చించాము.

అడవులు - హరిత గృహ ప్రభావం :

అడవులు కర్బన వలయంలో ప్రధాన పాత్ర వహిస్తాయి. వృక్షాలు, నేలల్లోని కర్బన పదార్థం దాదాపు రెండు ట్రిలియన్ టన్నులుంటుందని అంచనాల వల్ల తెలుస్తుంది. ఇది వాతావరణంలోని మొత్తం కర్బన పదార్థానికి మూడురెట్లు ఎక్కువ. 1860 నుంచి నేటి వరకు అడవులు నరికివేయడం వల్ల దాదాపు 150 నుండి 180 బిలియన్ టన్నుల కార్బను వాతావరణంలో కలిసిపోయింది. అంతేకాకుండ శిలాజ ఇంధనం, సహజ వాయువులు మండడం వల్ల దాదాపు 160 నుంచి 190 బిలియన్ టన్నుల కర్బనం వాతావరణంలో కలిసి పర్యావరణ నాణ్యతకు తీరని లోటు కల్పించింది.

వరి పొలాల మిథేన్ - హరిత గృహ ప్రభావం

భారతదేశంలో వరిపొలాల సాగు విస్తీర్ణం క్రమక్రమంగా పెరుగుతున్న కారణంగా మిథేన్ వాయువు ఉత్పాదన కూడా యధావిధిగా పెరుగుతూ వస్తోంది. తత్కారణంగా వాతావరణంలో కల్గిన మార్పుల వల్ల రాగల హరిత గృహ ప్రభావ ప్రమాదం అధికమవుతుందని శాస్త్రజ్ఞుల అభిప్రాయం. హిమ యుగారంభంలో మిథేన్ - కార్బన్‌డయాక్సైడ్ వాయువుల నిష్పత్తి చాల తక్కువగా ఉండేది. సోవియట్ ఆర్కిటిక్, అంటార్కిటిక్ పరిశోధన సంస్థ శాస్త్రజ్ఞులు ఫ్రెంచి లేబరేటరీ ఫర్ గ్లేజియాలజీ అండ్ జియోఫిజిక్స్‌కు చెందిన **జె. చాపెల్లెస్, అతని సహచరులు** కలిసి తూర్పు అంటార్కిటికా ప్రాంతంలోని వోస్తోక్‌లో 2083 మీటర్ల పొడవుతో 1,60,000 సంవత్సరాల నాటి ఐస్‌కోర్ ను డ్రిల్లింగ్ శారు. దానిని పరిశీలించి వాతావరణంలో మిథేన్ నిష్పత్తి పెరగడానికి కొన్ని వేల సంవత్సరాలు పతుందని శాస్త్రజ్ఞులు గుర్తించారు. వాతావరణంలో మామూలుగా అయితే మిథేన్ వాయువు ప్రతీ డాది ప్రతి 100 కోట్ల భాగాలలో కేవలం 0.3 భాగాలు (0.3 పార్ట్ ఫర్ బిలియన్) మాత్రమే పెరుగుతోంది. క్రీ.శ 1700 లో 700 ppb గాఢతలో నున్న మిథేన్ వాయువు 1900 ల సంవత్సరం నాటికి ఏడాదికి 1.5 ppb గాఢత చొప్పున పెరుగుతూ వచ్చింది. క్రీ.శ. 1900 ల నుంచి 1990 వరకు ఏడాదికి 17 ppb గాఢత చొప్పున పెరుగుతుంది. వాతావరణంలో ఇంతగా మిథేన్ పెరగడం వల్ల హరిత గృహ ప్రభావం అధికమై భూమి వేడెక్కిపోగలదని శాస్త్రవేత్తలు అంటున్నారు. గత 1,60,000 ల సంవత్సరాలలో ఎన్నడూ లేనంత అధికంగా ప్రస్తుతం మిథేన్ గాఢత పెరిగింది. ఈ పెరుగుదల గతంలో పెరిగిన గరిష్ఠ స్థాయికి 50 రెట్లు ఎక్కువని శాస్త్రవేత్తల అంచనా.

పరిశ్రమలు - హరిత గృహ ప్రభావం

పారిశ్రామిక విప్లవం (Industrial revolution) రాకముందు వాతావరణంలో కార్బన్ డయాక్సైడ్ వాయువు గాఢత ఒక మిలియన్‌కు 280 భాగాలు మాత్రమే ఉండేది. అయితే పారిశ్రామిక విప్లవం

తర్వాత వాతావరణంలో కార్బన్‌డయాక్సైడ్ గాఢత క్రమంగా సాలీనా 2.5% చొప్పున పెరిగి 1988 నాటికి ఒక మిలియన్‌కు 350 భాగాలు ఉత్పాదన చెంది, హరిత గృహ ప్రభావానికి దారి తీస్తుంది. సంపన్నమైన పారిశ్రామిక దేశాలకు తోడుగా తృతీయ ప్రపంచ దేశాలు (Third World Nations), తమ తమ అభివృద్ధి నిమిత్తం పరిశ్రమలనాశ్రయించి వాతావరణ కలుషితానికి దోహదపడుతున్నాయి. ప్రపంచంలో 1950 సంవత్సరం వరకు యూనియన్ ఆఫ్ సోవియట్ సోషలిస్ట్ రిపబ్లిక్ (USSR), యునైటెడ్ కింగ్‌డమ్ (UK), ఫెడరల్ రిపబ్లిక్ ఆఫ్ జర్మనీ (FRG), ఫ్రాన్స్ (France), యునైటెడ్ స్టేట్స్ (US) మొదలైన దేశాలు కార్బన్ డయాక్సైడ్ ఉత్పత్తిని 42% వరకు పెంచాయి. యునైటెడ్ స్టేట్స్ తలసరి కార్బన్ డయాక్సైడ్ విడుదల 5.0 టన్నులయితే, రష్యా, భారతదేశాల తలసరి కార్బన్‌డయాక్సైడ్ విడుదల 0.2 టన్నులుంటుందని అంచనా. చైనా, ఆసియా, లాటిన్-అమెరికా దేశాలలో కార్బన్‌డయాక్సైడ్ విడుదల వల్ల 1980 నాటికే వాతావరణం మెల్లమెల్లగా పూర్తి కాలుష్యానికి గురైంది. సూక్ష్మ-స్థూల మొదలగు అనేక రకాల వాయువుల విడుదల వల్ల వాతావరణంలో తీరని మార్పులు జరిగి భౌమావరణంలో హరితగృహ ప్రభావం చోటుచేసుకొని భావి మానవాళి మనుగడకు ముప్పు వాటిల్లనున్నట్లు పలువురు శాస్త్రవేత్తలు పదేపదే హెచ్చరికలు చేస్తున్నారు. పై విధంగా రోజు రోజుకు తరిగిపోతున్న పర్యావరణ నాణ్యత, తత్సంబంధ విషయాలను అవలోకనం చేసుకొని జీవి సహజగుణ స్థిరత్వాన్ని పెంపొందించాల్సిన తరుణం ఆసన్నమైనది.

హరిత గృహ ప్రభావం - భౌగోళిక ఉష్ణోగ్రత

డయనోసార్‌ల యుగం (Age of Dianosaurs) నుండి కనీవినీ ఎరుగని సరాసరి ఉష్ణోగ్రత కేవలం గడచిన 100 సంవత్సరాల నుండి క్రమంగా 0.5^0C నుండి 0.7^0C వరకు పెరిగినట్లు శాస్త్రవేత్తలు అంచనా వేశారు. ఇది పోను ప్రతి 10 సంవత్సరాలకు 0.2^0C నుండి 0.5^0C వరకు అదనపు ఉష్ణోగ్రత కూడా పెరిగే అవకాశాలున్నట్లు తెలుస్తోంది. ఉష్ణోగ్రత పెరుగుదలకు మూలకారణం వాతావరణంలో పరిధిని మించి విడుదలైన హరిత గృహ వాయువులేనని శాస్త్రవేత్తలు తేటతెల్లం చేశారు. వాతావరణంలో హరితగృహ వాయువుల గాఢత పెరుగుతున్న కారణంగా రానున్న అర్ధ శతాబ్ద కాలంలో ఇదివరకెన్నడు లేనటువంటి అధిక ఉష్ణోగ్రత ప్రమాణాలను ఎదుర్కోబోతున్నామని విల్లచ్, ఆస్ట్రియా (Villach, Austria) వాతావరణ శాస్త్రవేత్తలు 1985 సంవత్సరంలో తమ అభిప్రాయాలను వెల్లడించారు. రానున్న 50 నుండి 100 సంవత్సరాల మధ్య కాలంలో సరాసరి ఉష్ణోగ్రత 1.5^0C నుంచి 4.5^0C వరకు పెరిగే అవకాశాలున్నాయని యునైటెడ్ స్టేట్స్ నేషనల్ అకాడమి ఆఫ్ సైన్సెస్ (US National Academy of Sciences) వారు అంచనాలు వేశారు.

భూ ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత జీవావరణం పైనా పర్యావరణ నాణ్యతపైనా ప్రత్యక్ష ప్రభావాన్ని చూపిస్తుంది. ప్రపంచ ఉష్ణోగ్రత పెరుగుదల మూలంగా ధృవాలలోని మంచు దిబ్బలు కరిగి, సముద్రమట్టం పెరగడం, తద్వారా అతివృష్టి, అనావృష్టి వ్యవసాయ రంగంలో భంగపాటు, జీవావరణానికి ముప్పు మొదలైన విపరీత పరిణామాలేర్పడనున్నాయి. 2050 సంవత్సరం నాటికి సముద్ర మట్టం 3 అడుగులు పెరుగుతుందని, తద్వారా 80% యునైటెడ్ స్టేట్స్ తీర మైదానాలు, 20% ఈజిప్టు సేద్యపు భూములు వరద తాకిడికి గురై నష్టపోతాయని శాస్త్రవేత్తల అభిప్రాయం. సముద్రపు నీరు భూభాగాన్ని

ఆక్రమించినపుడు మంచినీటి వ్యవస్థలు పూర్తిగా దెబ్బతింటాయి. అకస్మాత్తు తుఫానులు సంభవించి తద్వారా ఈజిప్టులో 8 మిలియనుల ప్రజలు, బంగ్లాదేశ్‌లో 10 మిలియనుల ప్రజలు నిర్వాసితులై ఎన్నో ఇబ్బందులను ఎదుర్కొన్నారు. వ్యవసాయం, మత్స్యపరిశ్రమ, నౌకాయానం పూర్తిగా దెబ్బ తింటుంది. వరదల వల్ల భూమి క్రమక్షయానికి లోనై, ఆవరణ వ్యవస్థలు పూర్తిగా నష్టపోయి విపరీతమైన జన నష్టం, ధన నష్టం, ఇంకా వ్యాధులు, కరువులు సంభవిస్తాయి.

జోస్యంగా చెప్పబడుతున్న హరిత గృహ వాయువుల ఆధిక్యతను అదనుగా తీసుకొని సస్యాభివృద్ధిని 30% ఎక్కుగా పెంపొందించవచ్చునని యునైటెడ్ స్టేట్స్ కాటన్ రిసెర్చి లేబరేటరీ (Cotton Research Laboratory, US) సంబంధిత శాస్త్రవేత్తల ఆదర్శ పరిశీలనలో తేలింది. వాతావరణ ఉష్ణోగ్రత పెరిగినపుడు సస్యోత్పన్నానికి లాభ-నష్టాలు ప్రాంతాన్ని బట్టి ఉంటాయని, నష్ట సంబంధమైన ఒత్తిడులను తటస్థ పరచటానికి వీలుందని, లాభదాయకమైన ఫలితాలను గణనీయంగా అభివృద్ధి చేయటానికి మంచి అవకాశాలున్నట్లు,డిపార్ట్‌మెంటు ఆఫ్ ఎనర్జీ స్పాన్సర్డ్ వెజిటేషన్ రెస్పాన్స్ స్టడీ (Department of Energy Sponsored Vegetation Response Study, U.S) శాస్త్రవేత్తలు అభిప్రాయాలను వెలిబుచ్చారు. భిన్న ఉష్ణోగ్రతలతో, భిన్న కార్బన్‌డయాక్సైడ్ గాఢత పొందికలతో అనేక జాతుల మొక్కలను పరిశీలనాత్మకంగా పెంచి వ్యవసాయం, ఆహారోత్పత్తిపై భౌగోళిక ఉష్ణోగ్రత ప్రభావాలను ఖచ్చితంగా ధృవీకరించాల్సిన అవసరం ఎంతో ఉందనడంలో సందేహం లేదు.

హరితగృహ ప్రభావం వల్ల పెరుగుతున్న ఉష్ణోగ్రతను అదుపులో ఉంచడానికి లేదా పూర్తిగా నిర్మూలించడానికి బ్రహ్మాండమైన పరిశోధనలు ఎన్నో జరుగుతున్నాయి. పరిశోధనల వల్ల వెలువడ్డ విధానాలను, సిఫారసు చేసిన పద్ధతులను ఎటువంటి ఆలస్యం లేకుండా సత్వరంగా చేపట్టినపుడు రానున్న మహావిపత్తును అవలీలగా మట్టు పెట్టగలము.

హరిత గృహ ప్రభావం - పరిష్కార మార్గాలు

జూన్ 1988లో జరిగిన టొరెంటో ప్రపంచ మహాసభ (Toronto World conference) లో హరితగృహ ప్రభావంతో రానున్న విపత్కాలాన్ని దృష్టిలో నుంచుకొని, పలువురు వక్తలు ప్రపంచ దేశాలనుద్దేశించి మాట్లాడుతూ ఎవరంతట వారే హరిత గృహ వాయువుల విడుదలను కనీసం 20% తగ్గించినట్లైతే 2005 సంవత్సరం నాటికి కలుషిత వాతావరణం దుష్ప్రభావాలను సమర్థవంతంగా ఎదుర్కొని వాటిని పూర్తిగా నివారించాలని తీర్మానాలు చేశారు. ఉమ్మడి సహాయ సహకారాలతో మాత్రమే హరిత గృహ వాయువుల విడుదల తగ్గుతుందని - శక్తి వనరుల పరిరక్షణ జరుగుతుందని నొక్కి చెప్పారు.

పరిసరాల కాలుష్య నివారణ దృష్ట్యా హరిత గృహ వాయువులను ఎక్కువగా వదిలే పారిశ్రామిక దేశాలలో కొంత మార్పు కనబడినప్పటికీ ప్రస్తుతం వారిదే పై చేయిగా ఉంది. అన్ని పారిశ్రామిక దేశాలు (ప్రత్యేకించి యునైటెడ్ స్టేట్స్ సోవియట్ యూనియన్) కలిసికట్టుగా మొత్తం కార్బన్‌డయాక్సైడ్ వాయువు విడుదలను కనీసం 20% తగ్గించటానికి ఒప్పుకుని, భారత దేశం వంటి అభివృద్ధి చెందుతున్న దేశాలు కనీస అవసరాల దృష్ట్యా కొంతమేరకు ఇంధన సంబంధ థర్మల్ శక్త్యాగారాలను నెలకొల్పినప్పటికిని 2005 సంవత్సరం వరకు కలుషిత వాతావరణ దుష్ప్రభావాలు

ఉండవని అంచనాల వల్ల తేలింది. అందువల్లనే భారతదేశంలో నేషనల్ థర్మల్ పవర్ కార్పొరేషన్ సంస్థ నెలకొల్పబడింది. అయితే అభివృద్ధి చెందుతున్న దేశాల సంక్షేమం కోసం యునైటెడ్ స్టేట్స్, సోవియట్ యూనియన్ వారు ఇంధన వినియోగాన్ని తగ్గించుకొని చిత్తశుద్ధితో తమ అభివృద్ధిని త్యాగం చేయగలరా ? అనేది ఒక బిలియన్ డాలర్ల ప్రశ్న. ప్రపంచంలో హరిత గృహ వాయువుల విడుదలను అదుపు చేయడం అతిముఖ్యమైన విషయమైనప్పటికీ ప్రతీ మానవుడు జాతీయ సంబంధ విషయాలలో చూపిన శ్రద్ధాసక్తులు అంతర్జాతీయ సంబంధమైన పర్యావరణ పరిరక్షణ కోసం, పర్యావరణ నాణ్యత పునరభివృద్ధి కోసం చూపించడం లేదు.

సాధారణ భారతీయ పౌరునికి పర్యావరణ సమస్యల గురించి అవగాహనే లేదని చెప్పినా ఆశ్చర్యమేమి లేదు. ఎందుకంటే భారతదేశం వదులుతున్న హరిత గృహ వాయువులు, యునైటెడ్ స్టేట్స్ లేదా సోవియట్ యూనియన్ వంటి దేశాలు వదులుతున్న హరిత గృహ వాయువులతో పోల్చి చూచినపుడు చాల తక్కువే, కానీ పర్యావరణ వ్యవస్థకు సరిహద్దులు, ఎల్లలు లేకపోవడం వల్ల ఒక దేశంలోని కలుషిత వాతావరణం అన్ని దేశాలకు, అన్ని ప్రాంతాలకు సమానంగా వ్యాపించి యావత్ ప్రపంచ జీవావరణంపై హరిత గృహ ప్రభావాన్ని చూపిస్తుంది. అందువల్ల ముందు జాగ్రత్త చర్యగా భవిష్యత్ హరిత గృహ ప్రభావాన్ని అదుపు చేయటానికి భారత ప్రభుత్వం సాంకేతిక పరిజ్ఞానంతో ముందడుగు వేసి పరిపూర్ణత గల ప్రణాళికల ద్వార శక్తి వనరుల అభివృద్ధిని చేపట్టి సమర్థతతో అమలు పరచాలి. గ్రామీణ ప్రాంతాలలోనూ పర్వత ప్రాంతాలలోనూ వంట చెరకును, పశువుల పేడను గృహాలలో ఇంధనంగా ఉపయోగిస్తారు. అదృష్టవశాత్తు ఇండ్లలో ఆహార పదార్థాలు వండటానికి కావలసిన శక్తి వనరుల వినియోగం అతి స్వల్పం. అయినప్పటికీ సరైన కార్యనిర్వాహక పద్ధతుల ద్వారా, సాంకేతిక పద్ధతుల ద్వారా స్వదేశ సంబంధమైన సహజ వాయువులను గ్రామాలకు అందజేసి హరితగృహ వాయువుల గాఢతను తగ్గించి హరిత గృహ ప్రభావాన్ని నిర్మూలించవచ్చు. గాంధేయ వాదనకు అనుగుణంగా గ్రామీణ ప్రాంతాలలో కొన్ని ప్రైవేటు సంస్థల బాధ్యతాయుత సహకారం వల్ల బయోగ్యాస్ (గోబర్‌గ్యాస్) వాడకం కొంతవరకు స్వయం పరిపూర్ణత సాధించింది. భారతదేశంలో రోడ్డు రవాణా సాధనాలకు ఇంధనం ఎక్కువగా వినియోగపడుతున్న మాట నిజమే. అయితే దేశంలోని అన్నిరైలు మార్గాలను సంపూర్ణవిద్యుద్దీకరణ చేయడం రానున్న ఐదు దశాబ్దాలలో కూడా సాధ్యమయ్యేపని కాదు. పరిశ్రమలకు, వ్యవసాయ సంబంధ యంత్రాలకు, అర్బన్ కాంగ్లోమరేషన్‌లకు (Uran conglomerations) ఎడతెరిపి లేకుండ విద్యుత్ సరఫరా చేయవలసిన మహోత్కార్యాన్ని కనీసం 2050 సంవత్సరం వరకు అత్యధిక ప్రాధాన్యత ఇచ్చి సాధించాలి. పెట్రోలు-డీసెల్ వాహనాలు, డీసెల్ కరెంటు మోటార్లు పెరుగుతున్న అవసరాల దృష్ట్యా అదే రీతిలో కొనసాగగలవు. అయితే సాంకేతిక పరమైన పరిజ్ఞానంతో ఇంటర్నల్ కంబశ్చన్ ఇంజన్‌లను (Internal Combustion Engines) పునరభివృద్ధి చేసి పెట్రోలు - డీసెల్‌ల సంరక్షణ కోసం, పర్యావరణ కాలుష్య నివారణకు తగిన చర్యలను తీసుకోవాలి. ఇంధన వనరులకు ప్రత్యామ్నాయంగా సౌరశక్తి, పవనశక్తి, సముద్రపు ఆటుపోటు శక్తి, జలవిద్యుత్ శక్తి మొదలైన శక్తి వనరుల సాధనకు తగిన మార్గాలన్వేషించి వాటిని స్వాధీన పరచుకొని ఉపయోగించుకోవాలి. కాలుష్యానికి అతీతమైన శక్తి వనరులను వినియోగించుకొని పర్యావరణ కాలుష్యానికి శాశ్వత పరిష్కారం చేకూర్చాలి.

హరిత గృహ ప్రభావం వల్ల, పర్యావరణ కాలుష్యం, ఉష్ణోగ్రత పెరుగుదల, సముద్ర మట్టం పెరుగుదల, వరదలు మొదలైన విపరీతాలు ఏర్పడి జీవుల మనుగడకు తీరని ఆటంకాలు ఎదురవుతాయి. అయితే దీనికి కారణం అడవులు అంతరించి పోవడమనీ, ఈ మూల సమస్య పరిష్కారం కానిదే పై సమస్యల పరిష్కారం కాదనీ అనటం ఆశ్చర్యం కలిగించవచ్చు. కానీ ఇది అక్షరాల నిజమని శాస్త్రజ్ఞుల అభిప్రాయం. పశ్చిమ దేశాలు, తృతీయ ప్రపంచ దేశాలు స్వల్ప లాభం కోసం అడవులను విచక్షణారహితంగా నరికి పారిశ్రామిక రంగంలో, ఆర్థిక రంగంలో, వ్యవసాయ రంగంలో అభివృద్ధి సాధించినప్పటికీ హరిత గృహ ప్రభావానికి ప్రధాన కారణమయ్యాయి. ఇట్టి హరిత గృహ ప్రభావం వల్ల జీవి మనుగడకే ముప్పు వాటిల్లనుంది. కాబట్టి ప్రపంచ దేశాలన్నీ కలిసికట్టుగా అడవులను నరకడం ఆపి, కొత్త అడవులను అధికంగా పెంచి హరిత గృహ ప్రభావానికి శాశ్వత పరిష్కారం అన్వేషించాలి. దీని వల్ల పర్యావరణ నాణ్యత తనంతట తానే కుదుటపడి, భౌగోళిక సహజ వాతావరణం, భౌగోళిక ఉష్ణోగ్రత క్రమబద్ధం అవుతాయి. వృక్షాలు నేలను, నీటి వనరులను నిలుకడగా ఉంచడానికి, ఆహారోత్పత్తికి, వంట చెరకుగా, పారిశ్రామికంగా కలపగా మరి ఎన్నో రకాలుగా ఉపయోగపడడం వల్ల ప్రపంచ దేశాలన్నింటికీ కూడా వృక్షాలు పెంచడం ఆమోదకరంగా ఉంటుంది. ప్రస్తుతం ప్రపంచ వ్యాప్తంగా 120 మిలియను హెక్టార్ల భౌగోళిక విస్తీర్ణంలో మొక్కలను నాటి అడవులను పెంచినట్లైతే పర్యావరణ కాలుష్యం నివారణ జరిగి జీవావరణ సమతుల్యం సాధించవచ్చు. 120 మిలియన్ హెక్టార్ల అడవి ప్రతి సంవత్సరం 780 మిలియన్ టన్నుల వాతావరణ కర్బనాన్ని గ్రహించి నేలలో స్థాపిస్తుంది. దీని మూలంగా ప్రస్తుత కార్బన్ డయాక్సైడ్ వాయువు గాఢత దాదాపు 47% తగ్గుతుంది. ఈ వృక్షాలలో కొంత భాగాన్ని ఇంధనంగా వాడినపుడు వెలువడిన కార్బన్‌డయాక్సైడ్ వాయువు కిరణజన్య సంయోగక్రియ (Photosynthesis) ద్వారా తిరిగి గ్రహించబడి పిండిపదార్థాల ఉత్పాదనకే తోడ్పడుతుంది. కానీ కాలుష్యానికి మాత్రం పాల్పడదు. బ్రెజిల్, కొలంబియా, ఇండోనేషియా, భారతదేశం, ఐవరీకోస్ట్ (Ivory Coast) మొదలైన దేశాలు కలిసికట్టుగా అడవులు నరకటాన్ని ఆపి, క్రొత్త అడవులను చురుకుగా పెంచినట్లైతే ప్రపంచం మొత్తంపైన విడుదలైన కార్బన్‌డయాక్సైడ్‌లో 2/3 వంతు హరించబడుతుందని అంచనా.

భారతదేశం భూవిస్తీర్ణం 130 మిలియన్ హెక్టార్లు. దీనిలో కనీసం 45 మిలియన్ హెక్టార్ల భూమి అడవీ సంపదతో నిండి ఉండాలి. అయితే ఈ మేరకు మనదేశంలో అడవీ సంపద లేదు. అందువల్ల భారతదేశం 1985 సంవత్సరంలో విస్తృత అడవుల పెంపకానికి గాను జాతీయ నిరుపయోగ భూముల అభివృద్ధి సంస్థ (The National Waste Lands Development Board) ను ప్రప్రథమంగా స్థాపించింది. ఈ సంస్థ ప్రతీ సంవత్సరం 5 మిలియన్ హెక్టార్ల భూమిలో అంచెలవారీగా అడవులను పెంచడానికి నిర్దేశిత సూత్రాలను రూపొందించింది. ఈ సంస్థ 1990 సంవత్సరాంతానికి దాదాపు 20 మిలియన్ హెక్టార్ల భూ విస్తీర్ణాన్ని అటవీ సంపద క్రిందికి తేగలిగింది. జాతీయ నిరుపయోగ భూముల అభివృద్ధి సంస్థ ఉన్న వనరులను సద్వినియోగం చేసికొని అనుకున్న లక్ష్యాన్ని సమర్థవంతంగా సాధించనుంది. ఇదే విధంగా ప్రపంచ దేశాలన్నీ 2050 సంవత్సరం నాటికి 120 మిలియన్ హెక్టార్ల భూమిని అడవులుగా మార్చగలిగితే, పరిసరాలు పతనం కాకుండా పర్యావరణ సమతౌల్యం కలిగి జీవావరణానికి మనుగడ ఉందనటంలో ఎలాంటి సందేహం లేదు.

పర్యావరణ నిధి :

సెప్టెంబర్ 5, 1989 నాడు అలీన రాజ్యాల తొమ్మిదవ శిఖరాగ్ర సమావేశం 28 సంవత్సరాల అనంతరం యుగోస్లేవియా రాజధాని నగరమైన బెల్గ్రేడ్‌లో జరగడం స్ఫూర్తివంతమైన విశేషం. పర్యావరణ కాలుష్య నిర్మూలనకు, సహజ వనరుల సంరక్షణకు, జీవావరణ నాణ్యతను పెంపొందించటానికి కావలసిన ఆర్థిక వనరులు ఎన్నో ఉండాలి. కాని దురదృష్టవశాత్తు ఇంతవరకు ఎటువంటి ఆర్థిక వనరులు లేవనే చెప్పాలి. అలీన దేశాల శిఖరాగ్ర సభ సమావేశంలో మాజీ ప్రధానమంత్రి శ్రీ రాజీవ్‌గాంధీ గారు ప్రధానోపన్యాసం చేస్తూ పర్యావరణ పరిరక్షణ దృష్ట్యా ఐక్యరాజ్య సమితి (UNO) ఆధ్వర్యంలో 'పర్యావరణ నిధి' కోసం ప్రతిపాదన చేశారు. ఈ నిధిలో ప్రపంచ దేశాలన్నింటికీ సభ్యత్వం ఉండాలని ఆయన సూచించారు. పర్యావరణ పరిరక్షణకు అనుగుణంగా ఉండే సాంకేతిక పరిజ్ఞానం ఈ నిధి ద్వార అభివృద్ధి కావాలని వారు నొక్కి వొక్కాణించారు. ప్రతిదేశం తన జాతీయోత్పత్తిలో వెయ్యోవంతు ఈ నిధికి ఉదారంగా విరాళం ఇవ్వాలని, ఇస్తేనే ఏటా పర్యావరణ పరిరక్షణ కోసం తత్సంబంధ కార్యక్రమాలకు 18 బిలియన్ డాలర్లు సమకూరుతాయని రాజీవ్ గాంధీ తెలిపారు.

అంతర్జాతీయ సర్వే :

లౌ హ్యారిస్ (Lou Harries), అతని అనుచరులు ఫిబ్రవరి-జూన్, 1988 మధ్యకాలంలో నాలుగు ఖండాలలోని అర్జెంటినా, చైనా, హంగరీ, ఇండియా, జమైకా, జపాన్, కెన్యా, మెక్సికో, నైజీరియా, నార్వే, సౌదీ అరేబియా, జింబాబ్వే మొదలైన దేశాలలో సర్వే జరిపి హరిత గృహ ప్రభావం (green house effect) గురించి ప్రజాభిప్రాయ సేకరణ చేశారు. ఈ సర్వేలో ఒక సౌదీ అరేబియాలో తప్ప అన్ని దేశాలలో పర్యావరణ నాణ్యత లోపించిందనే తేలింది. యునైటెడ్ నేషన్స్ ఎన్విరాన్ మెంట్ ప్రోగ్రాం (UNEP) ప్రతినిధి **జాన్ మార్టిన్ బ్రౌన్ (Joan Martin Brown)** జరిపిన సర్వేలో కూడా దాదాపు ఇదే సమాచారం వ్యక్తమైంది. అయితే ఇంకా యునైటెడ్ స్టేట్స్, బ్రెజిల్, సోవియట్ యూనియన్, యునైటెడ్ కింగ్‌డమ్, ఫ్రాన్స్, ఈజిప్ట్ మొదలైన దేశాలలో సర్వే జరుపవలసి ఉంది. సర్వే కార్యక్రమం పూర్తైన తర్వాత పర్యావరణ కాలుష్య నివారణకు తగిన సిఫారసులు చేయబడతాయి.

5 (ii) నీటి కాలుష్యం
(Water Pollution)

భూగ్రహంపై వాయువు మాదిరిగానే నీరు కూడా అతిముఖ్యమైన సహజ సంపద. వాయువు తర్వాత జీవికి నీరే ముఖ్యం. జీవి కణాల్లో నీరు 85% నుండి 90% వరకు ఉంటుంది. నీరు లేకపోతే జీవి మనుగడ లేదు. ఆధునిక నాగరికత పూర్తిగా నీటి వనరులపైననే ఆధారపడి ఉంది. వ్యవసాయానికి, పరిశ్రమలకు, నౌకాయానానికి, వాహనాలు నడపటానికి, గృహసంబంధమైన పనులకు, మురికి నివారణకు నీరు అత్యంత అవసరం. బావులు, చెరువులు, కొలనులు, సెలయేళ్ళు, నదులలోని నీరు పారిశ్రామిక విప్లవం, హరిత విప్లవం, ఇంకా పట్టణాభివృద్ధి కార్యక్రమాల వల్ల అనేక రకాలుగా కలుషితమవుతుంది. ప్రతీరోజు కొన్ని మిలియన్ టన్నుల కాలుష్యం నీటిలో కలుస్తుంది. ఈ కాలుష్యాలలో సాధారణ పోషక పదార్థాలతో సహా నైట్రేటులు, ఫాస్ఫేటులు, క్లోరైడ్‌లు, ఫ్లోరైడ్‌లు, క్లోరినేటెడ్ హైడ్రోకార్బన్‌లు, సెలీనియమ్, కాడ్మియమ్, మెర్క్యురి మొదలైన విషప్రాయమైన కాలుష్యకాలు ఎన్నో ఉంటాయి. యునైటెడ్ స్టేట్స్ ఆఫ్ అమెరికా (USA) లో ప్రతీ నది దాదాపు పూర్తిగా కాలుష్యమై పోయింది. అమెరికాకు, కెనడాకు సంబంధించిన అన్ని మంచినీటి సరస్సులు పూర్తిగా కాలుష్యమైపోయాయి. పశ్చిమ యూరపులోని రైన్ (Rhine) నది కాలుష్యం అవధులు మించటం వల్ల పూర్తిగా నిర్జీవమైంది.

భారతదేశంలో గంగా, యమున, గోమతి, నర్మద, గోదావరి, కావేరి, కూవమ్ (Cooum), సట్లెజ్, జీలం, దామోదర్, మినీ-మహి (Mini-mahi), తపతి, తుంగభద్ర మొదలైన 14 భారీనదులు, అనేక ఉపనదులు విపరీతంగా కాలుష్యానికి గురయ్యాయి. అన్నిటికంటే దామోదర్ నది అతిగా కాలుష్యానికి గురై అక్కరకు రాకుండా పోయింది. ఈ నదిలో ఆక్సిజన్ ఆచూకీ లేకుండా పోయి, అవసరమైన నాచు మొక్కలు పూర్తిగా నశించాయి. కానీ జలగలు, బాక్టీరియమ్‌లు వంటి పనికిరాని క్రిమి కీటకాలు, జంతువులు మాత్రం అధికంగా పెరుగుతున్నాయి. బరోడాలోని మినీ-మహినది అధికంగా కాలుష్యానికి గురైంది. దీనిలో పరిశ్రమలకు సంబంధించిన వ్యర్థపదార్థాలు, పెట్రోలు సంబంధిత హైడ్రోకార్బన్‌లు బహుళంగా నిండాయి. మద్రాసులోని కూవమ్ నది కూడా పూర్తి కాలుష్యానికి గురై, కనీసం జంతు ప్లవకాలకు కూడా నివాసయోగ్యంలో లేదు. ఒక లీటరు కూవమ్ నది నీటిలో దాదాపు 900 మి.గ్రా. ఇనుము, 275 మి.గ్రా. సీసం, 1313 మి.గ్రా నికెలు, 32 మి.గ్రా. జింక్ ఉంటుంది. ఈ భారలోహాలకు తోడుగా ఫాస్ఫేట్లు, సిలికేట్లు, నైట్రేట్లు మొదలైన లవణాలు కూడా ఎక్కువ మోతాదులోనే ఉన్నాయి. బిర్లా వారి ఔద్ చక్కెర కర్మాగారం (Oudh sugar factory), మోహన్ మీకన్ వారి డిస్టిల్లరీ (Mohan Meakin's distillery) కర్మాగారాలనుండి వెలువడ్డ కాలుష్యం వల్ల గోమతీనది దాదాపు 8 కి.మీ. పొడవునా కాలుష్యానికి గురై పూర్తిగా పనికిరాకుండా పోయింది. దీనిలోని అనేక వేల చేపలు చనిపోయాయి. మద్రాసులోని కావేరీ నది మీద మెట్టూర్ ఆనకట్ట వద్ద గల కర్మాగారం నుంచి వెలువడ్డ పాదరస సంబంధమైన కాలుష్యం ఆ నదిని పూర్తిగా కలుషితం చేసింది. మహారాష్ట్ర-ఆంధ్రప్రదేశ్ గుండా ప్రవహిస్తున్న గోదావరి నది 1500 కి.మీ. గట్టు పొడవునా మంచిర్యాల సిమెంటు ఫ్యాక్టరీ, రామగుండం థర్మల్ విద్యుత్ శక్త్యాగారం, ఫర్టిలైజర్ కార్పొరేషన్ ఆఫ్ ఇండియా (FCI), కొత్తగూడెం థర్మల్ విద్యుత్ శక్త్యాగారం, భద్రాచలం కాగితపు మిల్లు, మణుగూరు భారజల కర్మాగారం వంటి అనేక పరిశ్రమల ద్వారా

రకరకాల కాలుష్యాలు విడుదలై నదిలో కలుస్తున్నాయి. వీటికి తోడు మృతకళేబరాలు, నేలలోని వ్యవసాయ సంబంధమైన రసాయన పదార్థాలు, మున్సిపాలిటీల మురికి నీరు కూడా గోదావరిలో కల్సి నదినీటిని కాలుష్యం చేస్తున్నాయి. అదే విధంగా కృష్ణానదిలో కూడా 1200 కి.మీ. గట్టు పొడవునా నీరు అనేక విధాలుగా కాలుష్యానికి కారణమవుతూంది. హరిద్వార్ నుంచి కలకత్తా వరకు గల గంగానదిలో సగం కాలిన మానవ కళేబరాలు, చనిపోయిన జంతువృక్ష కళేబరాలు, కీటక సంహారక మందులు, మహానగరాల పరిశ్రమల వ్యర్థపదార్థాలు, మురికినీరు మొదలైన కాలుష్యకాలు చేరి నది నీటిని కలుషితం చేస్తున్నాయి. గంగానది 2550 కి.మీ. పొడవునా దాదాపు 27 మహానగరాలు, అనేక పట్టణాలు ఉన్నాయి. వీటిలో ఏవో కొన్ని నగరాలకు తప్ప మిగిలిన వాటికి మురికినీటి కాలువల పథకాలు లేనే లేవు. నదిపొడవునా అక్కడక్కడ 312 భారీ పరిశ్రమలు, మధ్య తరహా పరిశ్రమలు ఉన్నాయి. వీటిలో కేవలం 12 పరిశ్రమలకు మాత్రమే తగిన కాలుష్య నివారణ పథకాల సౌకర్యాలున్నాయి. మిగతా 300 పరిశ్రమల వ్యర్థ కాలుష్యాలు యధాతథంగా గంగానదిలోకి చేరుతున్నాయి. హరిద్వార్, కాన్పూర్, వారణాసి, పాట్నా, కలకత్తా మొదలైన మహానగరాలు గంగానది కాలుష్యానికి ముఖ్యంగా ఎక్కువ బాధ్యత వహిస్తున్నాయి. కేవలం కాన్పూర్ నుండి రోజుకు 270 మిలియన్ లీటర్ల మురికినీరు, 30×10^6 లీటర్ల పరిశ్రమల వ్యర్థ పదార్థాలు గంగానదిలో కలుస్తున్నాయి. ఉత్తరప్రదేశ్‌లో గంగానది నీటిని రక్షిత మంచినీరుగా వాడడం వల్ల దాదాపు 250 మిలియన్ల ప్రజల ఆరోగ్యం చెడిపోతుంది.

అనేక సరస్సులు, కొలనులు కాలుష్యానికి గురయ్యాయి. ముఖ్యంగా డాల్ సరస్సు (Dal lake) విపరీత కాలుష్యానికి గురికావడం వల్ల నీరు నల్లబడి దుర్వాసనతో ఉంది. ఇందులో హానికరమైన మొక్కలు, శైవలాలు పెరిగాయి. ఈ నీటిలో హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్, కార్బన్‌డయాక్సైడ్, అమ్మోనియా, నైట్రోజన్ మొదలైన వాయువులు, ఇతర లవణాలు కరిగి ఉన్నాయి. కాల్షియమ్, మెగ్నీషియమ్, సోడియమ్, పాదరసం మొదలైన లోహాలు ఒండ్రుమట్టి, బంకమట్టి, ఇసుక రేణువులతో అవలంబితంగా ఉంటాయి. దుర్వాసనతో బురదగా నున్న, నల్లని ఈ నీటిని తాగినపుడు టైఫాయిడ్, డిసెంట్రీ, కలరా, కామెర్లు మొదలైన వ్యాధులు కలుగుతాయి.

నీటి కాలుష్యం - వనరులు (The Sources of Water Pollution)

నీటి కాలుష్యానికి 4 రకాల ముఖ్యమైన వనరులున్నాయి. అవి -

1. **మురికినీరు, ఆక్సిజన్ గిరాకి ఉన్న వ్యర్థ పదార్థాలు**
2. **పారిశ్రామిక వ్యర్థ పదార్థాలు**
3. **వ్యవసాయ సంబంధ వ్యర్థ పదార్థాలు**
4. **భౌతిక వ్యర్థ పదార్థాలు - కాలుష్యకాలు**

1. మురికినీరు, ఆక్సిజన్ గిరాకి ఉన్న పదార్థాలు (Sewage and oxygen demanding wastes)

వివిధ గృహసంబంధ కార్యక్రమాలకు వాడిన నీరు, జంతువుల మల మూత్రాలు, కళేబరాలు, రాలిన ఆకులు, సబ్బులు, డిటర్జెంట్‌లు, కాగితం, వివిధ వ్యర్థ పదార్థాలు నీటిలో కలిసి ఏర్పడిన

కాలుష్యాన్ని 'మురికినీరు' అంటారు. దీనిలో కర్బన, అకర్బన వ్యాధిజనక కారకాలు వంటి అనేక అనర్థక వ్యర్థ పదార్థాలుంటాయి. గ్రామాలు, పట్టణాలు, మహానగరాల మురికి నీరు, చెత్తకుప్పలు వివిధ చెరువులను, సరస్సులను, నదులను కాలుష్య పరుస్తున్నాయి. నిజానికి ఈ కాలుష్యం గాఢత స్వల్పమనే చెప్పాలి. కాని చెరువులు, కొలనులు, సరస్సులు మొదలైన జలాశయాలు కాలుష్యాన్ని తిరిగి ఇంకా తక్కువ చేయడానికి స్వంత నియంత్రిత లక్షణాలను కల్గి ఉంటాయి. కానీ ఈ జలాశయాలలోని వాయుసహిత బాక్టీరియమ్‌లు కర్బన సంబంధ పదార్థాలను క్రుళ్ళ చేసి కొద్ది కాలంలోనే మురికి కాలుష్యాన్ని అనేక రెట్లు ఎక్కువ చేస్తాయి. తత్కారణంగా కాలుష్య పరిమాణం స్థాయిని మించినపుడు నీరు-స్వతః స్వచ్ఛతా క్రియశీలాన్ని (Self purifying activity) కోల్పోయి, మానవుని వినియోగానికీ ఇతర జీవరాశుల వినియోగానికి పనికి రాకుండా పోయి వివిధ వ్యాధులను కలుగజేయవచ్చు.

వివిధ రకాల డిటర్జెంట్ మిశ్రిత పదార్థాలలో ముఖ్యమైంది ఫాస్ఫేటు. అనేక రకాల పాస్ఫేటులు కాల్షియమ్ అయాన్లతో కలిసి చురుకుదనం కోల్పోయి, మురికి సంబంధమైన అణువులను కరిగించక పోవడం వల్ల కాలుష్యం అధికమవుతుంది. కొన్ని పాస్ఫేట్లు నీటిలో కరిగి శైవలసంబంధమైన మొక్కల పెరుగుదల ఆధిక్యతకు దోహదం చేస్తాయి. శైవలాలు అధికంగా పెరిగినపుడు నీటిలోని ఆక్సిజన్ తొలగిపోయి వివిధ జీవరాశులకు కష్ట-నష్టాలు కలుగుతాయి. నీటిలో తగినంత ఆక్సిజన్ లోటు ఏర్పడినపుడు వేసవికాలంలో శైవలాలు సైతం నశించి, కుళ్ళిపోయి, దుర్భరమైన దుర్వాసనలను విడుదలచేస్తాయి. ఈ విధంగా కుళ్ళుతున్న మొక్కలు, చెత్తచెదారం, శైవలాలు స్ట్రిక్నీన్ (Strychnine) వంటి విషపదార్థాలను నీటిలో విడుదల చేయడం వల్ల పశువులతో సహా నీటి జంతువులన్నీ చనిపోతాయి. ఈ విధంగా పురపాలక సంఘాలు సరియైన మురుగునీటి కాలువల పథకాలను ఏర్పాటు చేయకపోవడం వల్ల, ఇతర కారణాల వల్ల చెత్తా చెదారం, మురికినీరు మంచినీటి వనరులను కలుషితం చేస్తున్నాయి.

ఎ) జీవ ఆక్సిజన్ గిరాకి (Biological Oxygen Demand) :

వాయు సహిత బాక్టీరియమ్‌లు కర్బన పదార్థాలను కుళ్లజేసినపుడు వెలువడ్డ ఆక్సిజన్ తిరిగి బాక్టీరియమ్‌లకే వినియోగించబడడాన్ని "జీవ ఆక్సిజన్ గిరాకి" (BOD) అంటారు. దీని విలువ కర్బన వ్యర్థపదార్థాలు గల నీటి ఘనపరిమాణానికి అనుపాతంలో ఉంటుంది. BOD విలువను బట్టి వ్యర్థ పదార్థాల గాఢతను, కాలుష్యం స్థాయిని కొలువవచ్చు. కాలుష్య నివారణ చర్యలకు తగిన పథకాల రూపకల్పనలో BOD విలువలు అధికంగా ఉపయోగపడతాయి. BOD విలువల వల్ల ప్రవాహ కాలుష్య నివారణ యాజమాన్య పద్ధతులు (Stream Pollution Control managements), నీటి స్వతః స్వచ్ఛతా క్రియశీలాన్ని తెలుసుకోవచ్చు. BOD సహాయంతో నీటిలో ఆవాసం చేస్తున్న నీటి మొక్కలను, వాటి ఘనపరిమాణాన్ని తెలుసుకోవచ్చు. నీటిలో కరిగిఉన్న ఆక్సిజన్ 4 ppm నుండి 5 ppm గాఢత కంటే తగ్గినపుడు ఆ నీరు చేపలకు నివాసయోగ్యంగా ఉండదు. 4 ppm కంటే తక్కువ గాఢత గల ఆక్సిజన్ నీటిలో కరిగి ఉన్నపుడు వాయుసహిత బాక్టీరియమ్‌లు అధికంగా వృద్ధి చెందుతాయి. కర్బన పదార్థాలు, బాక్టీరియమ్‌లు వంటి సూక్ష్మజీవులు, విషపదార్థాలు అధికంగా నీటిలో ఉన్నపుడు BOD విలువలను గణనలోకి తీసుకోకూడదు.

బి) రసాయన ఆక్సిజన్ గిరాకి (Chemical Oxygen Demand) :

రెండు గంటలలో పొటాషియమ్ డైక్రోమేట్ ద్రావణం నుంచి తీసుకొన్న ఒకానొక ppm గాఢత గల ఆక్సిజన్‌కు సమానంగా ఒక రకమైన నీటిలో గల కర్బన పదార్థాల ఆక్సీకరణకు కారణమైన రసాయన కారకాలకు (Chemical Oxidants) కావలసిన మొత్తం ఆక్సిజన్‌ను 'రసాయన ఆక్సిజన్ గిరాకి' (COD) అంటారు. నీటి వనరులలోకలుషిత వ్యర్థ పదార్థాలు, కర్బన పదార్థాలు విపరీతమైన శైవలాలు అధికంగా ఉన్నప్పుడు BOD సహాయంతో కాకుండా COD విలువల సహాయంతో నీటి స్వత:-స్వచ్ఛతా క్రియాశీలతనూ, ప్రవాహ కాలుష్య నివారణ యాజమాన్య పద్ధతులనూ, నీటిమొక్కల ఘనపరిమా ణాన్ని తేలికగా తెలుసుకోవచ్చు.

పట్టిక 5(ii).1 BOD కి COD కి గల బేధాలు

	జీవ ఆక్సిజన్ గిరాకి (BOD)	రసాయన ఆక్సిజన్ గిరాకి (COD)
1.	ఒక ప్రమాణ ఘనపరిమాణం గల నీటిలో సూక్ష్మజీవులు జీవరసాయన ఆక్సీకరణలో (Biochemical Oxidation) ఉపయోగించుకునే ఆక్సిజన్ మొత్తాన్ని BOD అంటారు.	ఒక రకమైన నీటిలో కర్బన పదార్థాల ఆక్సీకరణకు కారణమైన రసాయన కారకాలకు కావలసిన మొత్తం ఆక్సిజన్‌కు సమానంగా 2 గంటలలో పొటాషియమ్ డైక్రోమేట్ ద్రావణం నుంచి తీసుకొన్న ఒకానొక ppm గాఢత గల ఆక్సిజన్‌ను COD అంటారు.
2.	BODవిలువ దాదాపు ఆక్సీకరణ చెందుతున్న కర్బన పదార్థాల మొత్తానికి సమానంగా ఉండడం వల్ల నీటి కాలుష్యం స్థాయిని, వ్యర్థ పదార్థాల స్థాయిని లెక్కించటానికి ఉపయోగపడుతుంది.	ఆక్సీకరణ చెందే నైట్రేటులు, సల్ఫేటులు, తరుగుతున్న లోహపు అయాన్లు మొదలైన అకర్బన పదార్థాలు, ఆక్సీకరణ చెందని బెంజీన్, పైరిడిన్, చక్రీయ కర్బన సమ్మేళనాలు నీటిలో కరిగి ఉన్నపుడు కర్బన పదార్థాల స్థాయిని లెక్కించటానికి ఉపయోగపడుతుంది.
3.	కాలుష్యాన్ని అదుపు చేయటానికి నీటి స్వయ: స్వచ్ఛతా బలాన్ని తెలుసుకోవటానికి, కొలవటానికి BOD ఉపయోగపడుతుంది.	మొక్కల రూపకల్పనా విధానం (treatment of plants), యాజమాన్యం మొదలైన విషయాలను గురించి తొందరగా గణించి చెప్పగల సామర్థ్యం COD కి ఉంది. కాబట్టి పారిశ్రామిక, గృహ సంబంధిత కాలుష్యాల స్థాయిని, వాటి నివారణ పద్ధతులను COD ద్వారా తెలుసుకోవచ్చు.
4.	సూక్ష్మజీవుల రకాలు, pH విలువ, విష పదార్థాలు, హీన స్థితిలో నున్న ఖనిజాలు, నత్రీకరణ పద్ధతులు మొదలైన కారణాలు BOD పరీక్షలపై ప్రభావాన్ని చూపిస్తాయి.	విషపదార్థాలు (toxins), సూక్ష్మజీవులకు విపరీత పరిస్థితులు మొదలైన కారకాలు COD విలువలకు ప్రభావాన్ని చూపించవు.

యూట్రోఫికేషన్ (Eutrophication)

నీలి ఆకుపచ్చ శైవలాలు (Blue green Algae), ఇతర శైవలాలు, నీటి మొక్కలతో కలిసి అధిక స్థాయిలో పెరిగి అసహ్యమైన మురుగు నీటిలో దుర్గంధాన్ని వదులుతూ కుప్పలు-తెప్పలుగా కనబడే దృగ్విషయాన్ని యూట్రోఫికేషన్ (Eutrophication) అంటారు. ఇటువంటి మురిగిన, కుళ్ళిన నీలి ఆకుపచ్చ శైవలాలు అకశేరుకాలకు (invertebrates), నీటిపై తేలియాడే జంతు ప్లవకాలకు (Zooplankton) ఆహారంగా వినియోగపడదు. సూక్ష్మజీవులు నీలి ఆకుపచ్చ శైవలాలను కుళ్ళ చేసినపుడు నీటిలోని ఆక్సిజన్ ఇంకా తొలగించబడుతుంది. ఆక్సిజన్ తక్కువ స్థాయికి దిగజారినపుడు నీటిలోని చేపలు, అనేక చిన్నచిన్న క్రిమికీటకాలు చనిపోయి శుద్ధమైన జలాశయాలు మురికికూపాలుగా మారతాయి. వైరస్, బాక్టీరియమ్‌లు, ప్రోటోజోవన్లు వంటి సూక్ష్మజీవులు, ఇతర జంతువులు, వృక్షాలు చనిపోయి, కుళ్ళిపోయి నీటిని కాలుష్యం చేస్తాయి. ఈ నీటిని సేవించినపుడు జంతువులకు అనేక వ్యాధులు సంభవిస్తాయి.

ఒలిగోట్రోఫికేషన్ (Oligotrophication) :

నిలుకడ నీరుగల కొత్తగా ఏర్పడ్డ బావులు, చెరువులు, కొలనులు, సరస్సులలో నీటి మొక్కలకు, నీటి జంతువులకు కావలసిన పోషక పదార్థాలు లేకపోవడమనే దృగ్విషయాన్ని ఒలిగో ట్రోఫికేషన్ (Oligotrophication) అంటారు. గృహసంబంధ మురికినీరు, మృతకళేబరాలు, రాలిన ఆకులు, పారిశ్రామిక వ్యర్థ పదార్థాలు, రసాయన వ్యర్థ పదార్థాలు మొదలైన కర్బన-అకర్బన పదార్థాల చేత 50 నుండి 100 సంవత్సరాల వరకు నీటి మొక్కలకు, నీటి జంతువులకు తగినన్ని పోషక పదార్థాలతో పాటు విపరీత కాలుష్యకాలు కూడా జలాశయాలలో జమచేయబడి యూట్రోఫికేషన్ (Eutrophication) ఏర్పడుతుంది.

పట్టిక 5(ii).2 ఒలిగోట్రోఫిక్, యూట్రోఫిక్ సరస్సులకు గల బేధాలు

	ఒలిగోట్రోఫిక్ సరస్సు	యూట్రోఫిక్ సరస్సు
1.	భూతత్వశాస్త్ర సంబంధంగా ఇవి క్రొత్తగా ఏర్పడ్డ తక్కువ వయస్సు గల సరస్సులు.	భూతత్వశాస్త్ర సంబంధంగా ఇవి అనేక మార్పులతో కూడిన పాత సరస్సులు. వీటి వయస్సు ఎక్కువగా ఉంటుంది.
2.	సరస్సులు లోతుగా ఉంటాయి.	ఈ సరస్సులు లోతుగా ఉండవు.
3.	ఇందులో స్వచ్ఛమైన నీరు ఉంటుంది.	ఇందులో స్వచ్ఛత కోల్పోయి, దుర్వాసనతో కలుషితమైన నీరు ఉంటుంది.
4.	పోషకాలు పాస్ఫేటులు, నైట్రేటులు తక్కువ స్థాయిలో ఉంటాయి.	పోషకాలు ఎక్కువ స్థాయిలో ఉంటాయి.
5.	నీటి జంతువులు తక్కువ.	నీటి జంతువులు ఎక్కువ.

6.	క్లోరోఫైటా, క్రైసోఫైటా, బాసిల్లేరియోఫైటా వంటి శైవలాల జాతులనేకంగా ఉన్నప్పటికీ జనాభా సాంద్రత తక్కువగా ఉంటుంది.	ఆసిల్లటోరియా *(Oscillatoria)*, రుబెస్సెన్‌లు (Rubescens), అఫనైజోమీనన్ ఫ్లాస్-ఆక్వే *(Aphanizomenon flos-aquae)* మైక్రోసిస్టిస్ ఎరుగినోజ *(Microcystis aeruginosa)* మొదలైన నీలి ఆకుపచ్చ శైవలాల జాతులు తక్కువైనప్పటికీ జనాభా సాంద్రత ఎక్కువగా ఉంటుంది.
7.	శైవలాల సముదాయాలు తక్కువ.	శైవలాల సముదాయాలు ఎక్కువ.
8.	ప్రాథమిక ఉత్పాదన తక్కువగా ఉంటుంది.	ప్రాథమిక ఉత్పాదన ఎక్కువగా ఉంటుంది.
9.	ఆక్సిజన్ కొరత ఉండదు.	ఆక్సిజన్ కొరత ఉంటుంది.
10.	జీవ ఆక్సిజన్ సమృద్ధిగా ఉంటుంది.	జీవ ఆక్సిజన్ కొరత (BOD) ఉంటుంది.
11.	చేపలు ఎక్కువ ఉ॥ తెల్లచేప (Trout)	చేపలు **తక్కువ** ఉ॥ కార్ప్ (Carp)

వ్యవసాయ సంబంధమైన వ్యర్థ రసాయనిక పదార్థాలు, పారిశ్రామిక వ్యర్థ పదార్థాలు, కుళ్ళుతున్న చెత్తచెదారం, కర్బన, అకర్బన పదార్థాలు, నైట్రేట్లు, సల్ఫేట్లు జలాశయాలలో చేరి శైవలాల సముదాయాలు ఉధృతంగా పెరగడానికి ఉపయోగపడతాయి. ఈ శైవల సముదాయాలు ఇతర నీటిమొక్కలకు సూర్యరశ్మిని, ఆక్సిజన్‌ను అందకుండా చేస్తాయి. కొన్ని శైవల జాతులు విషపదార్థాలను కూడా విడుదల చేస్తాయి. కుప్పలు తెప్పలుగా పెరిగిన శైవల సముదాయాలకు ఆక్సిజన్ కొరవడి చనిపోతాయి. ఉత్పత్తిదారులు నశించిన తరువాత వినియోగదారులైన జంతువుల కూడా చనిపోతాయి. స్వచ్ఛత కోల్పోయిన జలాశయాలు దుర్గంధంతో, అసహ్యమైన మురుగు నీటితో నిర్జీవంగా మారి యూట్రాఫికేషన్ ఏర్పడుతుంది. యునైటెడ్ స్టేట్స్ ఆఫ్ అమెరికాలో ఎరీ సరస్సు (Erie Lake) మానవుని కార్యకలాపాల వల్ల ఏర్పడ్డ యూట్రాఫికేషన్‌కు చక్కని ఉదాహరణ, 1965లో ప్రతిరోజు 87 టన్నుల ఫాస్ఫేట్లు ఆ సరస్సులో చేరడం వల్ల ప్రతీ 400 గ్రా. ఫాస్ఫేట్లకు 350 టన్నుల శైవల సంబంధమైన బురద ఏర్పడింది. అందుమూలంగా కొద్ది నెలలోనే సరస్సు నిర్జీవమై విపరీతమైన దుర్గంధంతో చెడిపోయి చేపలు పట్టటం, నౌకాయానం, మంచినీటి సరఫరా వంటి కార్యక్రమాలకు పూర్తిగా అంతరాయమేర్పడింది.

చేపలు పట్టటం, పడవలు నడపటం, స్నానాలు చేయటం, మంచినీటి సరఫరా మొదలైన వినోదకాలక్షేపాలకు, వినియోగాలకు, ఉపయోగించే కొలనులలో కూడా వివిధ కాలుష్యాలు, శైవలసముదాయాలు చేరి సరస్సు అందాన్ని హరించి వేస్తున్నాయి. త్రాగటానికి, చేపలు పట్టటానికి, నౌకాయానం మొదలైన గృహ సంబంధమైన, వినోద కాలక్షేప సంబంధమైన కార్యక్రమాలకు వీలుగా నీటి స్వచ్ఛతను కాపాడటానికి యూట్రాఫికేషన్‌ను నిలిపివేయటానికి కొన్ని పద్ధతులను రూపొందించడమైంది.

యూట్రాఫికేషన్ నిర్మూలన పద్ధతులు (Various measures to stop Eutrophication):

1. ఒక సరస్సులో వ్యర్థ మలిన పదార్థాలను వదిలే ముందు, ఆ మలిన పదార్థాలను శుద్ధి చేసి పోషక పదార్థాలు కొన్ని మాత్రమే ఉండేలాగా చూడాలి.

2. శైవలాల పెరుగుదలను నిరోధించి బాక్టీరియమ్‌ల ప్రత్యుత్పత్తి, పునరభివృద్ధి కోసం ప్రేరణలు జరుపాలి.

3. శైవల సముదాయాలను వెంట వెంటనే తీసివేయాలి.

4. నీటిలో కరుగని, కరిగిన కర్బన-అకర్బన పదార్థాలను, భౌతిక, రసాయన పద్ధతుల ద్వార తొలగించాలి.

5. ఫాస్ఫరస్‌ను వివిధ తటస్థీకరణ పద్దతుల ద్వారా తొలగించవచ్చు. (Baalsrud and Balmer, 1973)

6. నీటిలోని నైట్రోజన్‌ను జీవసంబంధమైన నత్రీకరణ (Nitrification), వినత్రీకరణ (Denitrification) పద్ధతుల ద్వారా తొలగించవచ్చు.

7. అయాన్ల వినిమయం (Ion Exchange), ఎలక్ట్రోడయాలిసిస్ (Electrodialysis), ఉత్క్రమణ ద్రవాభిస్రుతి (Reverse Osmosis) వంటి ప్రక్రియల ద్వార క్షార సంబంధమైన వ్యర్థ పదార్థాల నుంచి అమ్మోనియా వాయువును తొలగించవచ్చు.

పై విధంగా యూట్రాఫికేషన్‌ను సరైన నిర్వాహణ పద్ధతుల ద్వారా నిర్మూలించకపోయినట్లైతే కొద్ది సంవత్సరాలలో యూట్రాఫికేషన్‌కు గురైన జలాశయాలు హ్యూమస్ (Humus) తో నిండిపోయి పూర్తిగా పూడిపోతాయి.

పట్టిక 5(ii).3 జీవుల వల్ల వచ్చే వ్యాధులు

సూక్ష్మజీవులు	వ్యాధులు
వైరస్‌లు	వైరల్ హెపటైటిస్ (Viral Hepatitis) పోలియోమైలిటిస్ (Poliomyelitis)
బాక్టీరియమ్‌లు	కలరా, టైఫాయిడ్, పారాటైఫాయిడ్, డయేరియా, రక్త విరేచనాలు.
ప్రోటోజోవన్లు	అమీబియాసిస్ (Amoebiosis) గిడ్డినెస్ (giddiness)

2. పారిశ్రామిక వ్యర్థపదార్థాలు (Industrial Wastes)

సారాయి, బ్రాందీ మొదలైన మత్తుపానీయాల పరిశ్రమలు (Breweries), ఉక్కు కర్మాగారాలు (Steel Industries), చర్మశుద్ధి కర్మాగారాలు (Tanneries), కాగితపు మిల్లులు, రంగు పరిశ్రమలు, ఔషధ తయారీ పరిశ్రమలు, బొగ్గు గనుల నుంచి నూనెలు, జిడ్డు పదార్థాలు, ప్లాస్టిక్‌లు, మిథైల్ వ్యర్థ పదార్థాలు, ఫినాల్స్, అనేక విషపదార్థాలు, ఇతర రసాయన పదార్థాలు, అవలంబిత రేణువులు (Suspended Solids) మొదలైన అకర్బన, కర్బన కాలుష్యకాలు నీటిలో చేరి విపరీతమైన నీటి కాలుష్య సమస్యలను కలుగజేస్తున్నాయి. బొగ్గుగనులలో సల్ఫ్యూరిక్ ఆమ్ల అవశేషాలు, వ్యర్థ పదార్థాలు నీటిలో కలిసినపుడు నీటి

కారిన్యాన్ని కలుగజేసి జీవులపై అనేక ప్రభావాలను చూపిస్తాయి. ఈ కలుషితమైన నీటిని యంత్రాలలోకి పంపినపుడు ఈ నీరు యంత్రాల ఇనుము, ఉక్కును తినివేస్తుంది. ఇవేకాకుండా సోడియమ్ (Na), రాగి (Cu), క్రోమియమ్ (Cr), కాడ్మియమ్ (Cd), పాదరసం (Hg) మొదలైన భారలోహాలు - వాటి లవణాలు పరిశ్రమల నుంచి విడుదలై నీటి కాలుష్యానికి ప్రధానమైన కారణమవుతున్నాయి.

క్రిమి సంహారక మందులు (Pesticides)

మొక్కలకు జంతువులకు గల చీడపీడల నుండి, వ్యాధుల నుండి మొక్కలను, జంతువులను రక్షించటానికి వినియోగించే క్రియావంతమైన జీవ-రసాయన మందులను క్రిమిసంహారక మందులు అంటారు. 'పెస్టిసైడ్' పదాన్నే తరచుగా బయోసైడ్ (Biocide) అనికూడా అంటారు. ఇవి పలురకాలుగా ఉంటాయి. వాటి క్రియాశీలతను బట్టి పేర్లు పెడతారు. కలుపుమొక్క నాశకాలను 'వీడిసైడ్‌లు' (Weedicides) అనీ, శిలీంధ్ర నాశకాలను 'ఫంగిసైడ్'లు (Fungicides) అనీ, నెమటోడ్‌ల సంహారిణులను 'నెమటోసైడ్‌లు' (Nematocides) అనీ పిలుస్తారు. డైక్లోరో డైఫినైల్ ట్రైక్లోరో ఇథేన్ (DDT), బెంజిన్ హెక్సా క్లోరైడ్ (BHC), పాలిక్లోరినేటెడ్ బైఫినైల్స్ (PcBs), క్లోర్డేన్ (Chlordane), హెప్టాక్లోర్ (Heptachlor), మిథాక్సీక్లోర్ (Methoxychlor), టోక్సాఫీన్ (Toxaphene), ఆల్‌డ్రిన్ (Aldrin), ఎండ్రిన్ (Endrin) మొదలైన మందులు క్రిమిసంహారక మందులకు కొన్ని ఉదాహరణలు. విచక్షణ లేకుండా వీటిని విపరీతంగా వాడటం వల్ల అవి జీవ-భూ-రసాయన వలయంలో స్థాయిని మించి నిండిపోయాయి.

డైక్లోరో డైఫినైల్ ట్రైక్లోరో ఇథేన్ (Dichloro diphenyle Trichloro ethane)

జీడ్లర్ (Ziedler) అన్న జర్మనీ రసాయన శాస్త్రవేత్త 1874లో DDT ని కనుక్కొన్నాడు. స్విస్ రసాయన శాస్త్రవేత్త అయిన పాల్ ముల్లర్ (Paul Muller) 1939లో DDT ని కీటకనాశనిగా గుర్తించి, ఉపయోగించాడు. ఇది నీటిలో కరగదు కానీ కర్బన ద్రావితాలలో కరుగుతుంది.

గాలి, నీరు, మృత్తికలో నామమాత్రంగా ఉండవలసిన DDT నేడు కొలతలు వేయగల మొత్తాలలో కనబడుతుంది. కెనడాలోని జీవావరణ అడవులలోనూ, ఆర్కిటిక్ ప్రాంతంలోనూ BHC, PCBS, DDT మొదలైన క్రిమి సంహారక మందులు అధిక స్థాయిలో ఉన్నట్లు తేలింది. ఈ క్రిమి సంహారక మందులన్నీ కూడా క్లోరినేటెడ్ హైడ్రోకార్బన్‌లే కాబట్టి, అవి సూక్ష్మజీవుల చేత సులువుగా విచ్ఛిన్నం కాకపోగా, అనేక సంవత్సరాలు అలాగే వాతావరణంలో ఉండిపోతాయి. చవిటి నేలల్లోనూ (Marshy lands), దోమల బెడద తగ్గించడానికి 20 సంవత్సరాలు తరచూ పిచికారి చేసిన మృత్తికల్లోనూ ఎకరాకు 32 lb ఘన పరిమాణం గల DDT ఉందని పరిశోధనల్లో తేలింది. 1990 వరకు జీవావరణంలో 5 బిలియన్ lb ల కంటే అధికంగానే DDT వ్యాపించినట్లు అంచనాలు వేశారు. అయితే DDT గానీ లేదా ఇతర పెస్టిసైడ్‌లు గాని ఇప్పటి నుండి పిచికారి చేయటం పూర్తిగా నిలిపివేసినపుడు కూడా, ఇంతవరకు పిచికారి చేసిన మందు కొద్ది సంవత్సరాల వరకు అలాగే ఉంటుందని పరిశీలకుల భావన. పిచికారి చేసిన వివిధ క్లోరినేటెడ్ హైడ్రోకార్బన్లు జీవ-భౌమావరణంలో అనేక సంవత్సరాలు విచ్ఛిన్నం కాకుండా నిలిచి, పెరుగుతూ ఉండే దృగ్విషయాన్ని 'బయాలాజికల్ మాగ్నిఫికేషన్' (Biological Magnification or

Biological amplification) అంటారు. అంటే ప్రాణాంతకమైన ఆర్గనోక్లోరిన్ పెస్టిసైడ్‌లు (Organo Chlorine Pesticides) వివిధ పోషక స్థాయిలలో ఎడతెరపి లేకుండా క్రమంగా పెరుగుతూ ఉంటాయన్నమాట. ఉదాహరణకు అతి తక్కువ గాఢతగల DDT నీటిలో ఉన్నపుడు, అదే నీటిలో శైవలాలు, జంతుప్లవకాలు, సూక్ష్మజీవులు చేరి పెరిగినపుడు, ఆ నీటిలో DDT గాఢత మొదటి గాఢత కంటే 265 రెట్లు ఎక్కువ పెరిగి, 5.5 ppm గాఢతకు చేరుకుంది. అందువల్ల ఆహారపు గొలుసు (food chain) ద్వారా మొక్కలకు, జంతువులకు DDT ఎక్కువ మోతాదుల్లో చేరి, జమ అవుతుంది. నీటిలో నివసించే శాకాహారులు, చేపలు, కీటకాలు DDT వంటి రసాయనాలను ఎక్కువ గాఢతల్లో గ్రహిస్తాయి. ఆహారపు గొలుసు ద్వారా ఉన్నతశ్రేణి మాంసాహారుల్లో DDT గాఢత ద్విగుణీకృతమై ఉండి, ప్రమాదకరమైన స్థితికి చేరుకుంటుంది. ఆయిస్టర్ (Oyster), షెల్ చేప (Shell fish) వంటి జీవరాశులలో DDT గాఢత మొదటి నీటి గాఢతకు 70,000 రెట్లు అధికంగా పెరిగింది. అదే విధంగా కప్ప 2,000 వంతులు, సన్‌ఫిష్ (Sunfish) 12,000 వంతులు, పీతలు 80,000 ల వంతులు బయాలాజికల్ మాగ్నిఫికేషన్ ద్వారా DDT ని గ్రహించాయి. మాక్స్‌వెల్ (Maxwell, 1973) ఆహారపు గొలుసులో DDT మాగ్నిఫికేషన్ విలువలను ఈ కింది ఉదాహరణల ద్వారా సూచించారు.

ఎల్మ్‌వృక్షాలకు (Elm trees) DDT పిచికారి చేసినపుడు నేలలో DDT 99 ppm, వానపాములో 140 ppm, వానపాములను భక్షించే రోబిన్ (Robin) లలో 440 ppm గాఢతలు ఉన్నాయి. ఈ ఆహారపు గొలుసులో నున్న ఉన్నతశ్రేణి మాంసాహారులలో (Top Cornivores) కూడా DDT గాఢత ఇంకా అధికంగా ఉన్నట్లు తెలుస్తోంది.

పట్టిక 5(ii).4 నీటి ఆవరణ వ్యవస్థలో DDT బయాలాజికల్ మాగ్నిఫికేషన్

DDT గాఢత ↑		
10.0	⟵	చేపలను భక్షించే పక్షులు గ్రహించిన DDT గాఢత
1.00	⟵	మిన్నోవ్‌లను భక్షించే నీడిల్‌ఫిష్ గ్రహించిన DDT
10^{-1}	⟵	జంతుప్లవకాలను భక్షించే మిన్నోవ్‌లు గ్రహించిన DDT గాఢత
10^{-2}	⟵	జంతు ప్లవకాలు గ్రహించిన DDT గాఢత
10^{-6}	⟵	నీటి ఆవరణ వ్యవస్థలో DDT ప్రవేశ గఢత

నదుల ద్వారా నీటి ప్రవాహంలో DDT అధిక గాఢతలో సముద్రాలలో చేరి సముద్ర ప్రాణులకు ప్రాణ సంకటంగా మారింది. DDT సాధారణంగా కొవ్వులలో నిలువ ఉంటుంది. కొవ్వుల ద్వారా శ్వాసక్రియలో DDT రక్తంలోకి ప్రవేశించి అనేక వ్యాధులను కలుగ జేస్తుంది. నీటిలోని నాచు మొక్కలను భక్షించిన శాకాహారులైన చేపలలో 40 ppm నుంచి 300 ppm గాఢత గల DDT, మాంసాహారులైన పెద్ద చేపలలో 2,500 ppm గాఢత DDT కనుక్కోవడం జరిగింది. నీటి నుండి శైవలాలకు, నాచు మొక్కలకు, వీటి నుంచి జంతుప్లవకాలకు, చేపలకు, వీటి నుంచి పక్షులకు, ఇతర జంతువులకు తద్వార మానవునికి సైతం DDT సంక్రమించి బయాలాజికల్ మాగ్నిఫికేషన్ ద్వారా మొదటి నీటి గాఢతకు 70,000 రెట్లు, 80,000 రెట్లు అధికమవుతోంది. DDT నిలువల మూలంగా పక్షులలో గుడ్లపై పెంకు పలుచబడి,

ప్రత్యుత్పత్తి సామర్థ్యాన్ని కోల్పోతున్నాయి. అందువల్ల అరుదైన నీటి పక్షుల సంతతి పరంపరకు తీవ్ర ప్రమాదాలు ఏర్పడుతున్నాయి. ఉదాహరణకు ఎక్కువ పరిమాణంలో DDT రసాయనాన్ని తీసుకున్న మగ ఫీసంట్ పక్షులు (Pheasants), స్త్రీ పక్షులతో లైంగిక సంపర్కం గల రుతువులలో చాలా వరకు మరణిస్తున్నాయి. స్త్రీ పక్షులు కూడా తమ ఆహార పదార్థాలతో పాటు 100 ppm నుంచి 250 ppm గాఢత గల DDT ని తీసుకున్నట్లైతే కొద్ది మాసాలలోనే అవి కూడా మరణిస్తున్నాయి. అవి గుడ్లను పొదిగే సామర్థ్యాన్ని 25% వరకు కోల్పోతున్నాయి. అధిక గాఢతలు గల DDT మూలంగా ఈస్ట్రోజన్ (Estrogen) అన్న స్త్రీ సంబంధమైన హార్మోన్లు, టెస్టోస్టిరోన్ (Testosterone) అన్న పురుష సంబంధమైన హార్మోన్లు తమ క్రియాశీలతను కోల్పోతున్నాయి. DDT ప్రభావంతో చనిపోయిన క్రిమికీటకాలను, నాచును భక్షించిన చేపలు కూడా మరణిస్తున్నాయి. DDT ప్రభావంతో మరణించిన చేపలను భక్షించిన నీటి పక్షులు, తాబేళ్ళు (turtils) కూడా మరణిస్తున్నాయి. ఈ విధంగా DDT మంచినీటి వ్యవస్థలను, సముద్రనీటి వ్యవస్థలను కలుషితం చేస్తోంది.

పాలల్లోని కొవ్వులలో DDT ఉన్నపుడు అది పసిపిల్లలకు చాలా ప్రమాదాన్ని కలిగిస్తుంది. సాధారణంగా మనిషిలో సగటు DDT గాఢత 12 ppm ఉంటుంది. కానీ సగటు భారతీయునికి ప్రపంచ దేశాల సగటు మానవుని కంటే DDT గాఢత 12.8 ppm నుంచి 31.0 ppm గాఢత వరకు ఎక్కువగా ఉంటుంది. డి.డి.టి తయారీ కర్మాగారాలలోని కార్మికులు, మలేరియా శాఖల్లో పని చేసే కార్యకర్తలు సాధారణ మనిషి కంటే ఎక్కువ గాఢత గల డి.డి.టి.ని తీసుకుంటారు. డి.డి.టి వల్ల మానవునికి కాన్సర్ సంబంధ వ్యాధులు కూడా వచ్చే అవకాశాలున్నట్లు శాస్త్రజ్ఞులు తెలియజేస్తున్నారు.

డి.డి.టి.ని ప్రత్యేకించి దోమల నివారణకు ఎక్కువగా వాడుతారు. కానీ ఇది నేలను, నీటిని విపరీతంగా కలుషితం చేస్తుంది. అందువల్లనే యునైటెడ్ కింగ్‌డమ్ (U.K), జర్మనీ, స్వీడన్, డెన్మార్క్ వంటి అభివృద్ధి చెందిన దేశాలు దోమల నివారణకు ప్రత్యామ్నాయ పద్ధతులనాచరించి డి.డి.టి వాడకాన్ని పూర్తిగా నిలిపివేశాయి. అదే విధంగా భారత దేశంలో కూడా దోమ తెరల వంటి ప్రత్యామ్నాయ పద్ధతుల ద్వార దోమల బెడదను ఎదుర్కొని డి.డి.టి వాడకాన్ని నిలిపివేయాలని భారత ప్రభుత్వం సూచిస్తోంది.

3. వ్యవసాయ సంబంధ వ్యర్థపదార్థాలు (Agricultural Waste)

ఆధునిక వ్యవసాయానికి వివిధ రసాయనిక ఎరువులు, వివిధ క్రిమిసంహారక మందులు అధిక మొత్తాలలో అవసరం. తరచూ రసాయన పదార్థాల వాడకం వల్ల భూమిలో అనేక రకాల వ్యర్థ రసాయన పదార్థాలు దీర్ఘకాలికంగా మిగిలి ఉంటాయి. ఈ వ్యర్థ రసాయన పదార్థాలు వర్షం, నీటి పారుదల వనరులు, మురికినీటి కాలువల ద్వారా వివిధ జలాశయాలలో, నదీ ప్రవాహాలలోకలియడం వల్ల నీటి ఆవరణ వ్యవస్థ (Aquatic Ecosystem) తీవ్రంగా దెబ్బతింటోంది. నీటిలో శైవలాలు, నాచుమొక్కలు విస్తృతంగా పెరిగి బయాలాజికల్ మాగ్నిఫికేషన్ ద్వారా ఫాస్ఫేటు గాఢత పెరిగి, జీవ ఆక్సిజన్ కొరత ఏర్పడి, తద్వారా చేపలు, ఇతర నీటి జంతువులు చనిపోతున్నాయి.

విచక్షణా రహితంగా రసాయన ఎరువులను వ్యవసాయానికి వినియోగించడం వల్ల, జంతువులకు కృత్రిమమైన ఆహారపదార్థాలను (దాణా) తరచుగా వాడడం వల్ల నీటిలో అత్యధిక నైట్రేటులు చేరతాయి. ఈ నైట్రేటులు, ఫాస్ఫేటులు నీటిలోని శైవలాలను, నీటి మొక్కలను అధికంగా పెంచడంలో కూడా

తోడ్పడతాయి. ఈ రసాయన పదార్థాలచే కలుషితమైన నీటిని జంతువులు, మానవుడు సేవించినపుడు జీర్ణాశయంలోని బాక్టీరియమ్‌లు నైట్రేటులను నైట్రైటులుగా మార్చి విషపూరితం చేస్తాయి. ఈ నైట్రైట్లు రక్తంలోని హీమోగ్లోబిన్ (Haemoglobin) తో కలిసి మిథిమోగ్లోబిన్ (Methaemoglobin) గా ఏర్పడుతుంది. మిథిమోగ్లోబిన్ రక్తంలోని ఆక్సిజన్‌ను గ్రహించి 'మిథిమోగ్లోబినీమియా' (Methaemoglobinaemia) అన్న ప్రమాదకరమైన వ్యాధిని కలుగ జేస్తుంది. మిథిమోగ్లోబినీమియా వ్యాధి వల్ల రక్త ప్రసరణ వ్యవస్థ, శ్వాసకోశవ్యవస్థ పూర్తిగా దెబ్బతింటాయి. ఇంతే కాకుండా చర్మం నీలిరంగుగా మారి, కాన్సరు వంటి వ్యాధులు కూడా వచ్చే ప్రమాదాలున్నాయి. సాధారణంగా ఆరోగ్యవంతమైన మానవ శరీరంలో 0.8% మిథిమోగ్లోబిన్ ఉంటుంది. మిథిమోగ్లోబిన్ స్థాయి 10% వరకు పెరిగినపుడు చర్మం నీలిరంగుగా మారినట్లైతే మిథిమోగ్లోబినీమియా వ్యాధి సోకిందని గుర్తించవచ్చు. మిథిమోగ్లోబిన్ స్థాయి 20% లేదా అంతకుమించినపుడు తలనొప్పి, తలత్రిప్పటం, మైకం (giddiness), టాచీకార్డియా (Tachycardia) మొదలైనవి వస్తాయి. మిథిమోగ్లోబిన్ స్థాయి 60% మించినపుడు స్పృహ తప్పటం, స్టిఫ్‌నెస్ (Stiffness), పిరమిడల్ సిండ్రోమ్ (Pyramidal Syndrome), నేత్ర సంబంధమైన సమస్యలు (Ocular problems) మొదలైనవి కనబడతాయి. మిథిమోగ్లోబిన్ స్థాయి 80% దాటినపుడు మరణం సంభవిస్తుంది. చంటి పిల్లలు మిథిమోగ్లోబినీమియా వ్యాధికి గురైనపుడు శరీరం నీలిగా మారి మరణిస్తారు.

నైట్రేట్లు పేగుల లోపలిగోడల ద్వార ప్రత్యక్షంగా రక్తనాళాలలో ప్రవేశించి హైడ్రాక్సిల్ అమైన్ (Hydroxyl amine) తో కలిసి విటమిను 'ఎ'ను నశింపజేస్తాయి. తద్వారా హీమోలైటిక్ (Haemolytic) చర్యల వల్ల అనీమియా (Anaemia) వ్యాధి సోకుతుంది.

రాజస్థాన్ రాష్ట్రంలో నీటి కాఠిన్యత వల్లనూ, నీటిలో వివిధ లవణాలు చేరటం వల్లనూ వివిధ జిల్లాల్లో విషప్రాయమైన నైట్రేటులు, ఫాస్ఫేటులు అనేక మంది చిన్నపిల్లల ప్రాణాలు బలిగొన్నాయి.. 1976లో నాగపూర్ జిల్లాలోని నీటిలో నైట్రేటు కాలుష్యం వల్ల కొన్ని పశుగణాలు మరణించాయి The Times of India, January 14, 1987). ఆంధ్రప్రదేశ్ రాష్ట్రంలో కూడా నల్లగొండ, వరంగల్లు, కీంనగర్, నిజామాబాద్ జిల్లాల్లో నైట్రేట్లు, ఫాస్ఫేట్లు వల్ల నీరు కలుషితమైనట్లు తెలుస్తోంది.

ప్రపంచ ఆరోగ్య సంస్థ (WHO) అనుమతించిన నైట్రేటు గాఢత నీటిలో 45 మి.గ్రా $^{1-1}$ కంటే మించకూడదు. రాజస్థాన్ కాలుష్య అదుపు, నిర్మూలన సంస్థ సీనియర్ రసాయన శాస్త్రవేత్త **శ్రీ యస్.కె. మిశ్రా**, ఆ రాష్ట్రంలో నీటిలోని నైట్రేటు గాఢత 800 మి.గ్రా $^{1-1}$ ఉన్నట్లుగా తెల్పారు. ఈ విపరీత కాలుష్యానికి ముఖ్యకారణం మురికినీరు, వివిధ రసాయనాలు, ఎరువులు, అకర్బన, కర్బన పదార్థాలు, ఇతర వ్యర్థ పదార్థాలు.

ఎరువుల వాడకం వల్ల అనర్థాలు :

1. నేలలోని ఖనిజాల, పోషకాలలో మార్పులు.
2. యూట్రాఫికేషన్ ఫలితంగా మంచి నీటి వనరులు తగ్గటం, నశించటం.
3. పంటపొలాల్లో కలుపుమొక్కల పెరుగుదలకు ప్రేరణ.
4. జీవ ఆక్సిజన్ కొరత ఏర్పడటం.

5. నేలలోని అయాన్‌ల సమతౌల్యం చెడిపోయి తద్వార ఆమ్లత్వం ఏర్పడటం.
6. సూక్ష్మమూలకాలు తగ్గిపోవటం.
7. మాలిబ్డినమ్, సెలినియమ్ వల్ల నీరు విషపూరితమవటం.
8. అనేక అనర్ధాలు, వ్యాధులు సంభవించటం.

4. భౌతిక వ్యర్ధ పదార్థాలు - కాలుష్యకాలు (Physical Pollutants)

భౌతిక వ్యర్థపదార్థాలు, కాలుష్యకాలు ముఖ్యంగా 6 రకాలుంటాయి. అవి -

1. ఉష్ణ కాలుష్యం (Thermal Pollution)
2. పాదరస కాలుష్యం (Mercury Pollution)
3. ఫ్లోరైడ్ కాలుష్యం (Fluoride Pollution)
4. సీసం కాలుష్యం (Lead Pollution)
5. భూగర్భ జల కాలుష్యం (Ground Water Pollution)
6. సముద్ర కాలుష్యం (Marine Pollution)

1. ఉష్ణ కాలుష్యం (Thermal Pollution)

వివిధ కర్బన, అకర్బన రసాయన పరిశ్రమలలో, శిలాజ ఇంధన శక్త్యాగారాల్లో (fossil fuel power plants), అణుశక్త్యాగారాల్లో (Nuclear Power plants) యంత్రాలను చల్లబరచటానికి, నీటి ఆవిరి ఉత్పాదనకు, పరిశ్రమల శుభ్రతకు నీటిని పుష్కలంగా వాడతారు. పరిశ్రమల ప్రయోజనాల నిమిత్తం వినియోగించిన నీరు వేడి నీరుగా మారి నిత్యం సరస్సులలో, నదులలో కలియటం వల్ల నీటి జంతువులు, నీటి మొక్కలు నశిస్తున్నాయి (Mihursky, 1967). వివిధ యంత్రాల నుండి విడుదలైన వేడినీటి వల్ల నీటిలో ఉష్ణ కాలుష్యం (Thermal Pollution) ఏర్పడుతుంది. అణుశక్త్యాగారాల నుంచి విడుదలైన వేడి నీటి ఉష్ణోగ్రత సాధారణ నీటి కంటే $15^0F - 20^0F$ వరకు ఎక్కువగా ఉండి అనేక దుష్పరిణామాలకు దారి తీస్తుంది.

వేడినీటి - దుష్పరిణామాలు :

1. వసంత కాలానికి ముందే చేపగుడ్లు తొందరగా పొదగబడుతాయి. కాబట్టి తయారైన చేపపిల్లలకు సరియైన క్రిమికీటకాలు, ఆహారంగా దొరకటం లేదు.
2. తెల్ల చేప (trout) గుడ్ల పొదగబడక నశిస్తున్నాయి.
3. సాల్మన్ చేప సాధారణంగా గుడ్లు పెట్టకుండా పోతుంది.
4. 0^0C ఉష్ణోగ్రతలో నున్న నీటిలో 14.0 ppm గాఢత గల ఆక్సిజన్ ఉంటుంది. అయితే 20^0C ఉష్ణోగ్రతలో నున్న నీటిలో 9.0 ppm గాఢత గల ఆక్సిజన్ ఉండడాన్ని బట్టి జీవ ఆక్సిజన్ కొరత (BOD) ఏర్పడుతుందని తెలుస్తుంది.
5. నీటి జంతువులలో, నీటి మొక్కలలో దినసంబంధమైన, రాత్రి సంబంధమైన, ఋతు సంబంధమైన జీవక్రియానుక్రమాలు (Metabolic responses) మారిపోతాయి.
6. నీటి మొక్కలు, జంతువులు అకాలంగా చనిపోతాయి.

7. శైవలాలు, నీటి జంతువులు అనేక మార్పులకు లోనై వేడిని తట్టుకొని బ్రతికే కొత్త జాతులు ఏర్పడి, పాత జాతులు నశిస్తాయి (Gorhan, 1975).
8. నీటి పక్షులు ఇతర ప్రాంతాలకు వలస పోతాయి.
9. సరస్సులు, ప్రవాహాలు నిర్జీవమైపోతాయి.

2. పాదరసపు కాలుష్యం (Mercury Pollution)

సహజంగా గాని, లేదా పరిశ్రమల వల్లగాని విడుదలైన పాదరసం, పాదరస సమ్మేళనాలు అతి ప్రమాదకరమైనవి. ఈ మూలకం అకర్బ, కర్బన రూపాల్లో ఉంటుంది. పాదరసం మూలంగా స్వీడన్, జపాన్ దేశాలలో **'మినమట' (Minamata)** అనే ఎండమిక్ వ్యాధి ఏకకాలంలోనే అందరికి వ్యాపించి అనేక మందిని పొట్టనపెట్టుకుంది. ఈ వ్యాధి సోకడానికి కారణం - చేపలు తినడం. మినమట అఖాతం (Minamata Bay) లో పాదరసం, మిథైల్ మెర్క్యురీ సమ్మేళనాలు అధికంగా ఉన్నాయి. స్వీడన్, జపాన్ ప్రజలకు చేపలు ముఖ్యమైన ఆహారం. మిథైల్ మెర్క్యురి అయాన్లను చేపలు ప్రత్యక్షంగానే మింగుతాయి. అక్కడి ప్రజలు 27 ppm నుండి 102 ppm గాఢత గల పాదరసంతో నిండిన చేపలను తినడం వల్ల అకస్మాత్తుగా మినమట వ్యాధి ప్రబలింది. ఈ చేపలలో పాదరసం సరాసరి గాఢత పొడిబరువులో 50 ppm ఉంది. మినమట వ్యాధి గ్రస్తునికి అస్వస్థత (malaise), స్పర్శజ్ఞానం లేకపోవటం (numbness), కంటిచూపు తగ్గటం (Visual disturbances), అజీర్ణం (Dyspepsia), మానసిక బాధలు (Mental deteriorations), అటాక్సియా (Ataxia), వణకటం (Convulsion) మొదలైన లక్షణాలు కనబడి చివరకు మరణిస్తారు. మినమట ప్రాంతంలో జన్మించిన శిశువులకు, పాదరసం కేంద్ర నాడీ వ్యవస్థలో ప్రవేశించి టెరటోజెనిక్ (teratogenic) ప్రభావానికి గురిచేస్తుంది. మిథైల్ మెర్క్యురీ విషపదార్థం ప్లాసెంటా (placenta) ద్వారా తల్లి నుంచి గర్భంలోని శిశువులకు చేరుతుంది. తల్లి కంటే పిల్లలు పాదరసం గాఢతను దాదాపు 20% కంటే ఎక్కువగా గ్రహిస్తారు.

వ్యవసాయ సంబంధ రసాయనాలనుంచి శిలీంధ్ర సంహారి (Fungicides), శైవల సంహారి (Algicides) మొదలైన మందుల నుండి విడుదలైన పాదరసం వల్ల స్వీడన్ దేశ సరస్సులు, నదులు కాలుష్యానికి గురయ్యాయి. వినైల్ క్లోరైడ్‌ను ఉత్పత్తి చేసే కర్మాగారాలలో మెర్క్యురీ క్లోరైడ్‌ను ఉత్ప్రేరకంగా వాడడం వల్ల పాదరసం వ్యర్థ పదార్థంగా విడుదలవుతుంది. క్లోరల్ క్షారం (Chloral Alkali) పరిశ్రమల్లో కూడా పాదరసం ఉప ఉత్పాన్నంగా విడుదలవుతుంది. ఈ విధంగా జపాన్, కెనడా దేశాలలోని అనేక పరిశ్రమల ద్వారా ఎక్కువగా పాదరస కాలుష్యం ఏర్పడింది. పాదరసపు స్విచ్‌లు (Mercury Switches), బ్యాటరీలు, విద్యుత్ ఘటాలు, థర్మామీటర్లు, ఫ్లోరంట్ విద్యుత్ దీపాలు, అధిక కాంతి తీవ్రత గల వీధి దీపాలు కూడా కొంత వరకు పాదరస కాలుష్యానికి కారణమవుతున్నాయి. అంతేకాకుండా ప్రిజర్వేటివ్‌లు, కాస్మెటిక్స్, అంటిసెప్టిక్ మందులు, లోషన్‌లు, డియాడరెంట్‌లు, శుక్రకణాలు నిర్మూలనకు వాడే మందులు (Spermicidal creams) మొదలైన అనేక ఔషధాలు కూడా పాదరసం కాలుష్యానికి కారణమవుతున్నాయి. పై విధంగా అనేక రకాలుగా విడుదల అవుతున్న పాదరస కాలుష్యాలు నీటిలో ప్రవేశించి, నీటి అడుగు భాగంలోని బురదపై చేరి అవాయుసహిత బాక్టీరియమ్‌ల జీవక్రియ వల్ల మిథైల్ మెర్క్యూరి సమ్మేళనాలుగా ఏర్పడతాయి. ఇవి ఆహారపు గొలుసులో

ప్రవేశించి వివిధ జంతువులకు వ్యాపిస్తాయి. మానవుని శరీరంలో మిథైల్ క్లోరైడ్ అర్థ జీవితకాలం (Half life period) 70 రోజులుంటుందని అంచనా వేయబడింది (Ramel, 1974). ఇది లిపిడ్‌లో కరుగుతుంది, కాబట్టి మిథైల్‌మెర్క్యురి సమ్మేళనాలు కొవ్వు కణజాలం (fatty tissue)లో నిలువ ఉంటాయి

పాదరసయుతమైన చేపలను భక్షించిన స్వీడన్ మనిషిలో, లింఫోసైట్ (Lymphocytes) లలోని క్రోమోజోమ్‌లు తరచుగా విరుగుతూ ఉంటాయని పరిశోధనలలో తేలింది. డ్రోసోఫిలా ఈగలకు 0.25 ppm గాఢతలో నున్న మిథైల్ మెర్క్యురీ ఇచ్చినపుడు వాటి సంయోగబీజాలలోని (gametes) క్రోమోజోమ్‌లు వియోజనం (disjunction) చెందాయి. కర్బన పాదరసం (Organic mercury) డీ ఆక్సీరైబోకేంద్ర కామ్లం (DNA) తో చర్యలు జరుపుతుంది. వెల్లుల్లి (*Allium sativum*) కణాలకు కొన్ని పాదరస సమ్మేళనాలను ఇచ్చినపుడు కండెతంతువుల (Spindle fibres) తో చర్యలు జరిగాయి (Ramel, 1974). కొన్ని మొక్కలను 3.0 ppm నుంచి 110 ppm గాఢతలో నున్న పాదరసం ఉండే భూములలో పెంచినపుడు ఆ మొక్కల ఆకుల్లో పాదరసం కొద్ది గాఢతలో ఉంది. గుత్తి చిక్కుడు (Cluster beans) మొక్కలలో 1.26 ppm గాఢతలో పాదరసమున్నట్లు కనుక్కున్నారు. 123.5 ppm గాఢతలో పాదరసం ఉన్న భూములలో పశువులను మేపి, వాటి నుంచి పాలు పితికినపుడు, ఆ పాలల్లో కూడా 5 ppm గాఢత గల పాదరసం ఉన్నట్లు తేలింది.

3. ఫ్లోరైడ్ కాలుష్యం (Fluoride Pollution)

నేలలో, నీటిలో, వాతావరణంలో సహజంగా ఫ్లోరైడ్ కొద్ది మాత్రంలోనే ఉంటుంది. హరితవిప్లవం, పారిశ్రామిక విప్లవం వంటి మానవ కార్యకలాపాల ద్వారా ఫ్లోరిన్ ఫ్లోరైడ్‌గా మారి, నీటిలో కలిసి కాలుష్యానికి దారి తీస్తుంది. ఫ్లోరైడ్ నేలల్లో పంటలు పండించినపుడు అవి, టెనెస్సీ (Tennessee) వంటి పారిశ్రామిక ప్రాంతాలు కానప్పటికీ, ధాన్యంలో 300 ppm గాఢత గల ఫ్లోరైడ్ ఉన్నట్లు కనుక్కున్నారు (Merriman and Hobbs, 1962). హర్యానా, పంజాబ్‌లలో ఫ్లోరైడ్‌తో కలుషితమైన నీటిని త్రాగిన ప్రజలు ఫ్లోరోసిస్ (Fluorosis) వ్యాధికి గురయ్యారని (Singh *et al*, 1962 and Kanwar and Mehata, 1968) వెల్లడించారు. ఆంధ్రప్రదేశ్‌లో సైతం ముఖ్యంగా కడప, కర్నూలు, అనంతపూరు, గుంటూరు, నల్లగొండ వంటి కొన్ని జిల్లాలో సహజంగా నీటిలో ఫ్లోరైడ్‌లుండడం వల్ల డెంటల్ ఫ్లోరోసిస్ అనే దంతసంబంధమైన వ్యాధి ఉన్నట్లు సిద్దికి (Siddiqui, 1972) పరిశోధనల్లో తేలింది. దాదాపు 20 నుంచి 25 మిలియన్ల భారతీయులు ఫ్లోరోసిస్ వ్యాధి వల్ల బాధపడుతున్నట్లు, దీనికి తగిన నివారణ చర్యలు తీసుకోకపోతే ఈ సంఖ్య 1990 నాటికి 50 మిలియన్లకు చేరుకుంటుందని అంచనాలున్నాయి (Times of India April, 28, 1987).

రాజస్థాన్ రాష్ట్రంలో డిఫెన్స్ ప్రయోగశాల, జోధ్‌పూర్ (Defence Laboratory Jodhpur) వారి అంచనాల ప్రకారం అక్కడ ఫ్లోరోసిస్ సమస్య తారాస్థాయికి చేరుకుంది. ఫ్లోరైడ్ ప్రభావం వల్ల 3.5 లక్షల మంది వికలాంగులయ్యారు. ఇంకా అనేకమంది వికలాంగులు కాబోతున్నారు. ఫ్లోరైడ్ కాలుష్యం వల్ల నరాలు బిగిసిపోయి పక్షవాతం (Paralysis) కూడా వస్తుంది. జోధ్‌పూర్, భిల్‌వారా, బికనేర్, ఉదయ్‌పూర్, నాగౌర్, బార్మర్, అజ్మీర్ మొదలైన జిల్లాలలో ఫ్లోరోసిస్ వ్యాధి అధికంగా ప్రబలి ఉంది. ప్రత్యేకించి నాగౌర్ జిల్లాలో అనేక గ్రామాలు ఫ్లోరైడ్‌తో కలుషితమైన నీటిని వినియోగిస్తూ, ఫ్లోరోసిస్ వ్యాధికి ఎక్కువగా

గురవుతున్నాయి.. కేవలం నీటిలోనే కాకుండా నేలలో, వాతావరణంలో కూడా ఫ్లోరైడ్లుండడం వల్ల జంతువులలో, వృక్షాలలో, ధాన్యాలలో కూడా ఇవి అధికస్థాయిలో ఉన్నాయి. మనిషిలో కూడా ఫ్లోరైడ్‌లున్నట్లు కనుక్కున్నారు.

రాజస్థాన్ రాష్ట్రంలో 4583 గ్రామాలలో 1 mg^{1-1} గాఢత స్థాయిని మించి ఉంది. 2158 గ్రామాలలో 1.1 ppm నుండి 2 ppm, 515 గ్రామాలల్లో 5.1 ppm నుండి 10 ppm, 48 గ్రామాల్లో 10 ppm నుండి 30 ppm గాఢత గల ఫ్లోరైడ్‌లున్నట్లు రాజస్థాన్ పాల్యూషన్ అండ్ ప్రివెన్షన్ కంట్రోల్ బోర్డు అధ్యక్షులు **యస్.కె. మిశ్ర** చెప్తున్నారు.

డా॥ యస్.సి. కాశివల్ (S.C. Kashiwal) అనే గొప్ప ఆర్థోపిడీషియన్ ఫ్లోరైడ్ ప్రభావానికి సంబంధించిన పూర్తి వివరాలు తెలుసుకున్నారు. ఫ్లోరైడ్‌లుమొట్టమొదట దంతాలపై తమ ప్రభావాన్ని చూపించి, దంతక్షయ వ్యాధులకు గురిచేస్తుంది. ఫ్లోరైడ్‌తో కలుషితమైన నీటిని చాలాకాలం సేవించినపుడు ఎముకలు, కీళ్ళు గట్టిపడి సక్రమంగా పని చేయకుండా పోతాయి. ముఖ్యంగా వెన్నెముక (Vertebral Column) పాడై పోతుంది. ఈ వ్యాధులకు తగిన ఔషధాలు **లేవు.** ఫ్లోరైడ్‌కు కాల్షియమ్‌తో దగ్గరి సంబంధాలుండడం వల్ల ఈ ఫ్లోరైడ్ ఎముకలలో చేరి దంతాలు పలురంగుల్లోకి మారి అరిగి పోతాయి. కాళ్ళ ఎముకలు వంగిపోతాయి. ఈ ఎముకల వ్యాధిని 'నాక్-నీ-సిండ్రోమ్' (Knock-Knee Syndrome) అంటారు. ప్రపంచ ఆరోగ్య సంస్థ (WHO) వారు 0.5 ppm కంటే తక్కువగా నున్న ఫ్లోరైడ్‌లు సైతం దంత క్షయాన్ని కలుగచేస్తాయనీ, 0.5 ppm కంటే ఎక్కువ గాఢత గల ఫ్లోరైడ్ నీటిని 5 నుండి 10 సంవత్సరాలు దీర్ఘకాలికంగా సేవించినపుడు పక్షవాత వ్యాధులు వస్తాయనీ సెలవిచ్చారు.

పింగాణీ సంబంధమైన (Ceramic Works) కర్మాగారాలు, ఫాస్ఫేటు ఎరువుల కర్మాగారాలు, అల్యూమినియమ్ వంటి కర్మాగారాలు గల ప్రాంతాలలో గడ్డి మేసిన పశుగణాలు కూడా ఫ్లోరోసిస్ వ్యాధికి గురైనట్లు తెలుస్తుంది (Schmidt and Rand, 1952). దంతాలు అరిగిపోవడం, మూత్రంలో ఫ్లోరైడ్ గాఢత పెరగడం, ఎముకలు వంగిపోవడం, పాల ఉత్పత్తి తగ్గడం వంటి వ్యాధి లక్షణాలు పశుగణాలలో కనబడ్డాయి. ఈ ఫ్లోరోసిస్ వ్యాధి ఉధృతమైనపుడు పశువుల వృషణాలు (Testicles) దెబ్బతిని ప్రత్యుత్పత్తి కాలం తగ్గిపోయి చివరకు మరణిస్తాయి (Little, 1970). చిన్నపిల్లలకు కొత్తగా అభివృద్ధి చెందుతున్న దంతాలు ఫ్లోరైడ్ కాలుష్యానికి దెబ్బతిని ఎనామిల్ పొర (Enamel Coat) ఏర్పడక బూడిద రంగు గోధుమ మచ్చలు ఏర్పడి పెచ్చులు పెచ్చులుగా ఊడిపోయి బోసినోరుగా ఏర్పడుతుంది. ఇదేవిధంగా ఎముకలపైన కూడా ఎనామిల్ పొర పూర్తిగా ఏర్పడక, ఎముకలు దృఢత్వాన్ని కోల్పోయి, అంగవైకల్యం ఏర్పడుతుంది.

4. సీసం కాలుష్యం (Lead Pollution)

సీసం తయారీ పరిశ్రమల నుంచి, సీసం ఉప-ఉత్పాదనలు ఏర్పడి కాలుష్యానికి దారితీస్తాయి. రంగులలో సీసం కలుస్తుంది. అందువల్ల తరుచూ రంగులు వేసే పనిమనుషులు, రంగులతో తయారైన ఆటవస్తువులను నోట్లోపెట్టుకుని ఆడినపుడు చిన్నపిల్లలు సీసం కాలుష్యానికి గురి అవుతారు. మంచినీటి సరఫరా గొట్టాల దృఢత్వాన్ని పెంపొందించడానికి సీసాన్ని వాడటం వల్ల నీరు కాలుష్యమవుతోంది. విద్యుత్ తీగల రక్షణకు పై పూతగా వాడడం వల్ల కూడా వాతావరణంలో సీసం కాలుష్యం ఏర్పడుతుంది.

క్రిటక సంహారక మందులలో, సారాయి వంటి మత్తు పదార్థాలలో, లేపనం (ointment) వంటి ఔషధాలలో, కొన్ని ఆహార పదార్థాల రూపకల్పనలో సీసాన్ని విరివిగా వాడడం వల్ల నేల, నీరు, వాయువు సీసం కాలుష్యానికి గురవుతున్నాయి.

యుక్తవయస్సులో ఉన్నవారికి సీసం కాలుష్యం వల్ల అనేక విపరీత పరిస్థితులు ఎదురవుతున్నాయి. కాలేయం, మూత్రపిండాలు దెబ్బతిని, హిమోగ్లోబిన్ (haemoglobin) తయారీ ఆగిపోతుంది. ఫలదీకరణ, గర్భధారణ వంటి విషయాలలో అనేక అసాధారణ మార్పులు జరిగి మనస్సు స్వాధీనంలో ఉండదు. గర్భధారణతో స్త్రీలు బాధపడి అకాల ప్రసవానికి గురవుతారు. అకాల ప్రసవంలో జన్మించిన శిశువులు అప్పటికప్పుడే చనిపోవడం జరుగుతుంది. చిన్నపిల్లలో నరాల ఈడ్పు (Convulsion), మాక్రోసెఫాలి (Macrocephaly) వంటి వ్యాధులు వస్తాయి. మలబద్ధకం, తెల్లబారిపోవటం, కడుపునొప్పి, నడుమునొప్పి, తలనొప్పి, నరాల బలహీనత, అలసట, అయాసం, పక్షవాతం, మనోచాంచల్యం, మూర్ఛ, స్పృహతప్పడం, మరణం వంటి అనేక విపరీత పరిణామాలు సీసం కాలుష్యం వల్ల సంభవిస్తాయి.

5. భూగర్భ జలకాలుష్యం (Ground Water Pollution)

మొత్తం భూగర్భజలవనరులలో 60% నీరు కాలుష్యానికి గురి అవుతున్నట్లు డెట్రిచ్ అండ్ హెండర్సన్ (Dietrich and Henderson, 1963) వారి పరిశోధనల్లో తేలింది. చెత్తచెదారాలు, మురికిగుంటలు, సెప్టిక్ ట్యాంకులు, శవపేటికలు, ఎరువులు, వివిధ రసాయన కర్బన-అకర్బన వ్యర్థపదార్థాలు మొదలైనవి భూగర్భ కాలుష్యానికి కారణమయ్యాయి. పంజాబ్ రాష్ట్రంలో అంబాల, లుధియానా, సొనెపట్ మొదలైన పారిశ్రామిక ప్రాంతాలలో సైకిళ్ళు, ఉన్ని వస్త్రాలు తయారుచేసే కర్మాగారాలనుంచి నికెల్, ఇనుము, రాగి, క్రోమియమ్, సయనైడు వంటి అనేక పదార్థాలు భూగర్భ జల వనరుల్లో అధికంగా కలుస్తున్నాయి.

భూగర్భ జల వనరుల్లో అనేక కాలుష్యకాలు కరిగి ఉండడం వల్ల, ఈ నీటిని సేవించినపుడు కలరా, హెపటైటిస్ (hepatitis), అతిసారం (dysentry), ఇతర వ్యాధులు సంక్రమిస్తాయి.

వివిధ లోతులల్లోని భూగర్భ జలాల నమూనాలను పరీక్షించి నీటి కాలుష్యానికి తగిన చర్యలు చేపట్టాలి. జీవ-భూ-రసాయన చర్యల అధ్యయనం ద్వారా కాలుష్యాన్ని ఏ స్థాయిలో ఉందో తెలుసుకొని తగిన నివారణ పద్ధతులను కనుక్కోవాలి.

6. సముద్ర కాలుష్యం (Marine Pollution)

సెలయేళ్లు, నదులు మొదలైన ప్రవాహాలు వివిధ ప్రాంతాలనుంచి కలుషితమైన నీటిని సముద్రంలో కలుపుతాయి. ఈ ప్రవాహాలు చెత్తాచెదారం, మృతకళేబరాలు, క్రిమిసంహారక మందులు, రసాయన ఎరువులు, లవణాలు, భారలోహాలు (heavey metals), నూనె-పెట్రోలు ఉప-ఉత్పత్తులు, కిరణధార్మిక వ్యర్థ పదార్థాలు (Radioactive Wastes), పారిశ్రామిక వ్యర్థ పదార్థాలు మొదలైన సమస్త కాలుష్యాలను సముద్ర గర్భంలో కలుపుతాయి. అందువల్ల సముద్రాలు తీవ్ర కాలుష్యానికి గురవుతున్నాయి. యునైటెడ్ స్టేట్స్ నేషనల్ అకాడమీ ఆఫ్ సైన్సెస్ (U.S. National Academy of Sciences) వారు ఇప్పటి వరకు 50 మిలియన్ పౌండ్ల ప్లాస్టిక్ సంబంధిత పదార్థాలు సముద్రంలో కలిసినట్లు తెలుపుతున్నారు. Sr^{90}, Cs^{137},

Pu^{239}, Pu^{240} వంటి అనేక కిరణధార్మిక వ్యర్థ పదార్థాలు దాదాపు 0.01% గాఢతను మించి సముద్ర కాలుష్యాన్ని కలుగజేశాయి. వివిధ నూనె పదార్థాలు సముద్రపు నీటిలో తేలుతూ ఎక్కువ కాలుష్యాన్ని కలుగజేస్తున్నాయి. పెట్రోలు బావులనుంచి పెట్రోలును సముద్రాల మీదుగా తరలించేటపుడు, నూనెలు నీటిలో కలుస్తాయి. ప్రతీ సంవత్సరం 284 మిలియన్ గాలన్ల నూనె రవాణా ట్యాంకర్ల నుంచి కారిపోయి సముద్రాలలో కలుస్తుంది. 1963, మార్చి 18 వ తేదీన జరిగిన టోర్రీ కానియన్ (Torrey Canyon) ప్రమాదంలో సముద్రంలో కలిసిన నూనె 8633 చ.మైళ్ళ విస్తీర్ణంలో, అరంగుళం మందంలో వ్యాపించింది. సముద్రంలో కలిసిన నూనె 284^{10} మిలియన్ గాలన్‌లని తెలుస్తుంది (Franke and Granke, 1975). ఇంద్రా-డాక్ (Indra-dock) బేసిన్ నుంచి ప్రతి సంవత్సరం సముద్రంలో కలుస్తున్న నూనె వ్యర్థ పదార్థాలు దాదాపు 90,000 లీటర్లని బొంబాయి పోర్ట్ అథారిటీ వారు నిర్వహించిన "సముద్ర కాలుష్యం" చర్చాగోష్టిలో వెల్లడయ్యింది.

ప్లాస్టిక్ సంబంధ పదార్థాలతో కలుషితమైన సముద్రాల నుంచి సుమారు 280 జాతుల సముద్ర పక్షులు 15% ప్లాస్టిక్‌ను ఆహార పదార్థాలతో కలిపి మింగుతున్నాయి. దీని వల్ల కడుపులో పుండ్లు, వ్రణాలు ఏర్పడి, అజీర్ణం, కడుపునొప్పి ఏర్పడుతాయి. ప్లాస్టిక్‌లో ఉండే పాలిక్లోరినేటెడ్ బైఫినైల్స్ (Polychlorinated bipheniles P_CB_S) అనే రసాయన పదార్థాలుండటం వల్ల పక్షుల గ్రుడ్ల పై పెంకు మందం తగ్గిపోతుంది. సముద్రపు నీటిలో నూనె పదార్థాల కాలుష్యం వల్ల శైవలాలు, అకశేరుకాలు, చేపలు, పక్షులు మొదలైన జీవరాశులు అనేక క్లిష్టపరిస్థితులను ఎదుర్కొంటున్నాయి. సముద్రాలలోని నూనె పదార్థాల ప్రభావంతో ప్రతి సంవత్సరం 50,000 నుంచి 250,000 పక్షులు చనిపోతున్నాయని పక్షి శాస్త్రవేత్తలు (Ornithologists) అంచనా వేశారు. నూనె కాలుష్యం వల్ల బెంజ్‌పైరిన్ (Benzpyrene) వంటి హైడ్రోకార్బన్‌లు ఆహారపు గొలుసు ద్వారా మానవుణ్ణి చేరినపుడు మానవునికి కాన్సర్ సోకే ప్రమాదాలున్నాయని తెలుస్తుంది. నూనెలు కాకుండా డిటర్జెంట్ల వల్ల కూడా సముద్ర కాలుష్యం తారాస్థాయికి పెరిగి వివిధ వ్యాధులకు కారణమవుతుంది.

ఫిన్‌ల్యాండ్ తీరప్రాంతంలో వివిధ కాలుష్యకాలు నీటి ప్రవాహాల ద్వారా సముద్రాలలో కలిసి, వివిధ భౌతిక-రసాయన చర్యల ద్వారా విషపదార్థాలు ఏర్పడుతున్నాయి. ఈ పదార్థాలు ఆహారపు గొలుసులో ప్రవేశించడం ద్వారా అనేక జంతువులు వ్యాధులకు లోనై నశిస్తున్నాయి. బెంథిక్ సంబంధించిన జంతువులు (Benthic Animals) పూర్తిగా అదృశ్యమయ్యాయి. అయితే ఖైరోనోమిడ్ డింభకం (Chironomid larva) మాత్రం నీటి అడుగున అక్కడక్కడ కనబడుతుంది (Bagge, 1973).

నీటి నాణ్యత - జీవశాస్త్రీయ సూచికలు
(Biological indications of water Quality)

కాలుష్యాన్ని మార్టిన్ (1976), హోల్డ్‌గేట్ (1976), మేసన్ (1981) మొదలైన శాస్త్రవేత్తలు "పరిసరాలలో సహజ, అసహజ, జీవ, నిర్జీవ, కర్బన, అకర్బన వ్యర్థపదార్థాలు స్థాయిని మించిన గాఢతలో ఉండి అనేక దుష్ప్రభావాలను చూపే పర్యావరణ స్థితిని కాలుష్యం" అని నిర్వచించారు.

నీటి ఆవరణవ్యవస్థ గురించి మాట్లాడినపుడు ఇందులో ముఖ్యంగా రెండు రకాల కాలుష్యాలుంటాయి.

1. తరుగుదలలేని కాలుష్యకాలు
2. తరుగుదల ఉన్న కాలుష్యకాలు

1. తరుగుదలలేని కాలుష్యకాలు (Non Degradable Pollutants) :

అల్యూమినియమ్ (Al,), పాదరసం (Hg) మొదలైన లవణాలతో. పొడుగైన గొలుసులు గల ఫినాలిక్ రసాయన పదార్థాలు, డి.డి.టి. వంటి రసాయన పదార్థాలు నీటి ఆవరణ వ్యవస్థలో వివిధ వనరుల ద్వారా జమ అవుతాయి. అవి నీటిలో ఎంతకాలమున్నప్పటికీ వాటికి అంతగా చెప్పుకోదగ్గ తరుగుదల లేదు. ఈ రసాయన పదార్థాలు నీటి నుండి మొక్కలకు, మొక్కల నుంచి జంతువులకు ఆహారపు గొలుసు ద్వారా సంక్రమించి జంతువులలో ముమ్మరంగా ద్విగుణీకృతమై. అనేక దుష్ప్రభావాలకు గురి చేస్తాయి. ఒక్కొక్కసారి ఇవి ఇతర కర్బన, అకర్బన సమ్మేళనాలతో కలిసి తీవ్రమైన విషపదార్థాలను కూడా ఏర్పరుస్తాయి. ఇటువంటి పదార్థాలను నిర్మూలించడమనేది అంత తేలికైన పని కాదు. అయితే ముందు జాగ్రత్త చర్యగా ఈ రసాయన పదార్థాలను నీటి ఆవరణ వ్యవస్థలోకి రాకుండ నిలిపివేయడమే నిజంగా సాధ్యమైన నిర్మూలన పద్ధతి.

2. తరుగుదల ఉన్న కాలుష్యకాలు (Degradable Pollutants) :

గృహ సంబంధమైన మురికి, నిర్జీవ కర్బన సమ్మేళనాలు మొదలైన వాటిని తరుగుదల గల కాలుష్యకాలు అంటారు. ఇవి అధికస్థాయిలో నీటి ఆవరణ వ్యవస్థలో చేరినపుడు క్లిష్ట పరిస్థితులు ఏర్పడతాయి. వీటిని యాంత్రిక, రసాయనిక, జీవ సంబంధమైన (Mechanical, Chemical & Biological treatments) పద్ధతుల ద్వారా నివారించవచ్చు.

నీటి ఆవరణ పరిస్థితులను బేరీజు వేయటానికి అవసరమైన ప్రణాళికలను ప్రవేశపెట్టి, వాటి ద్వారా నీటి నాణ్యతను తగ్గించే కాలుష్యకాలను సంక్షిప్తంగా, నిర్దిష్టంగా తెలుసుకోవటానికి, వివిధ క్లిష్ట పరిస్థితులు ఎదురైనప్పటికీ శాస్త్రవేత్తలు అదేపనిగా సాహసించి ముందుకు వెళుతున్నారు. జీవశాస్త్రవేత్తలు కొన్ని జాతుల శైవలాలను, నీటి మొక్కలను, బెంథిక్ సూక్ష్మ అకశేరుకాలను (Benthic Micro invertebrates) జీవశాస్త్రీయ సూచికలుగా ఉపయోగించి ఆ నీటి నాణ్యతను గుర్తిస్తున్నారు. కానీ రసాయనశాస్త్రవేత్తలు నీటి కాలుష్యకాలను, రసాయన పారామీటర్ల (Chemical Parameters) గణన ద్వారా నీటి నాణ్యతా లక్షణాలను గుర్తిస్తున్నారు. అయినప్పటికీ రసాయన పారామీటర్ల గణన ఒక్కటే సరైన నీటి నాణ్యతను నిర్ధారించక పోవడం వల్ల, జీవశాస్త్రీయ సూచికలను బట్టి నీటి నాణ్యతను గుర్తించడం అత్యంత అవసరమైంది. U.K. వంటి దేశాలలో జీవశాస్త్రీయ సూచికల ద్వారా నీటి నాణ్యత మదింపు లెక్కలను తెలుసుకోవటం ముఖ్యమైన పద్ధతిగా వాడుకలో ఉంది.

జీవసంబంధ పరిశీలనల అవసరం (The existance of biological surveillance) :

కొన్ని రకాల నీటిమొక్కలు, జంతువులు నీటి వ్యవస్థలో అభివృద్ధి చెందడాన్ని బట్టి నీటి నాణ్యత మదింపు లెక్కలను తెలుసుకోవటం చాలా ఉత్తమమైన పద్ధతి (Warren, 1971; Tarzwell, 1971; Mall *et al.*1979). నీటి నాణ్యత నిర్ధారణలో జీవుల నమూనాల (Samples)ను ఎన్నుకోవటం చాలా కష్టమైన పని. ఈ జీవుల నమూనాలు వివిధ నీటి ఆవరణ వ్యవస్థలలో, వివిధ ప్రాంతాలలో, వివిధ రకాలుగా ఉంటాయి. నీటి స్వచ్ఛతకు, కాలుష్య నివారణకు మొక్కల, జంతుసముదాయాలు (Plant & animal

communities) తమ వంతు బాధ్యతను ఒక నిర్దిష్టమైన క్రమపద్ధతిలో నిర్వహిస్తుంటాయి. ఈ జీవ సముదాయాలు వాతావరణం, నీటి ఆవరణంలోని కొత్త కాలుష్యకాలను కూడా కొంత వరకు ఎదుర్కొంటాయి. ఈ జీవ సముదాయాలలోకొన్ని జాతులను లేదా ప్రజాతులను మార్పుచేసి ఏ కాలుష్యకాలను ఏజాతి - ప్రజాతులు నివారిస్తాయో తెలిసి కోవచ్చు. జీవసంబంధ సూచికలను ఎవరూ ఎక్కువ శ్రద్ధగా ఉపయోగించడం లేదని **హెల్లావెల్** (Hellawell, 1978) వాపోతున్నారు. జంతువులు, వృక్షాలు మొదలైన జీవసంబంధ సూచికలను సరిగా ఉపయోగించినట్లైతే వాటి ద్వారా నీటి నాణ్యతకు సంబంధించిన ఉపయుక్త సమాచారం దొరుకుతుందని హెల్లావెల్ అభిప్రాయపడ్డాడు. కాని, ఈ అభిప్రాయానికి వ్యతిరేకంగా అనేక మంది శాస్త్రవేత్తలు నీటి నాణ్యత సంబంధ వివరాలను జీవశాస్త్రీయ సూచికల ద్వారా తెలిసికోవటానికి సాహసించి కృషి చేయక, సంఖ్యా సంబంధమైన విలువల (numerical values) కు అధిక ప్రాధాన్యత ఇస్తున్నారు. జీవ శాస్త్రీయ సూచికల ద్వారా వ్యక్తమైన వివరాలు కేవలం అంకెలను మాత్రమే సూచించడం వల్ల, ఈ వివరాలకు బహుముఖ ప్రాముఖ్యత లభించడం లేదు. అయినప్పటికీ ఈ జీవ సంబంధ వివరాలను (Biological informations) జాగ్రత్తగా భద్రపరచినట్లైతే రానున్న తరాల భావి శాస్త్రవేత్తల పరిశోధనలకు తోడ్పడగలవు.

నీటి ఆవరణ వ్యవస్థలోని కాలుష్యకాల ప్రభావాలను సూచించే జీవశాస్త్రీయ సూచికల ద్వారా నీటి నాణ్యత మదింపు లెక్కలను 4 దశలుగా విభజిస్తారు. అవి -

1. తెలుసుకోవటం (Awareness)
2. పరిశీలన (Observation)
3. ఊహించటం (Prediction)
4. యాజమాన్యం (Management)

పై నాలుగు పద్ధతుల ద్వారా జీవశాస్త్రీయ సూచికలను ఉపయోగించి నీటి భౌతిక-రసాయన నాణ్యత వివరాలను క్రోడీకరించి కాలుష్య నివారణకు సరియైన మార్గాలను తెలిసికోవచ్చు. కానీ అవసరాలకనుగుణంగా ముందుగా రాబోయే మహావిపత్తును చతురతతో ఊహించి ఎంత వరకు నిర్మూలిస్తారనేది చిక్కు ప్రశ్నే !

నీటి కాలుష్యం - అదుపు - నిర్మూలన (Prevention and Control of water pollution) :

నీటి కాలుష్యానికి భౌతిక-రసాయన-జీవవ్యర్థ పదార్థాలు ముఖ్యమైనవి. ఈ వ్యర్థ పదార్థాలను మళ్ళీ మళ్ళీ ఉపయోగించి, వాటి పరిమాణాలను తగ్గించి నీటి సంరక్షణకు తగిన చర్యలు తీసుకోవాలి. నీటి కాలుష్య నివారణకు, నీటి నాణ్యత సంరక్షణకు ప్రివెన్షన్ అండ్ కంట్రోల్ ఆఫ్ పొల్యూషన్ ఆక్ట్ 1974 (Prevention and Control of Pollution Act, 1974), ఎన్విరాన్‌మెంటల్ పొల్యూషన్ ఆక్ట్ 1986 (Environmental Pollution Act, 1986) వంటి చట్ట సంబంధమైన పద్ధతులతో పాటు కొన్ని సరళ, సాంకేతిక పద్ధతులు కూడా ఉన్నాయి. అవి మూడు రకాలు.

1. ఆవరణ వ్యవస్థ స్థిరీకరణ
2. వ్యర్థ పదార్థాలను మళ్ళీ-మళ్ళీ వినియోగించటం
3 కాలుష్యకాలను తొలగించటం

1. ఆవరణవ్యవస్థ స్థిరీకరణ (Stabilization of Ecosystem) :

జలాశయాలలోకి వ్యర్థపదార్థాలను విడువకుండా కట్టుదిట్టమైన చర్యలు తీసుకోవాలి. అపాయకరమైన శైవలాలను ఎప్పటికప్పుడు తీసివేయాలి. చేపల పెంపకాన్ని, పోషక పదార్థాల సరఫరాను నిలిపివేయాలి. ఇంకా భౌతిక, జీవ సంబంధమైన పద్ధతులు ద్వారాఅవసరమైన జీవ జాతులను విస్తరింపజేసి నీటి కాలుష్యాన్ని నిర్మూలించి, ఆవరణ వ్యవస్థను స్థిరీకరించవచ్చు.

2. వ్యర్థ పదార్థాను మళ్ళీ-మళ్ళీ వినియోగించటం (Reutilization and Recycling of Wastes) :

కాగితపు గుజ్జు (Paper pulp), పురపాలక సంఘపు మురికినీరు, పారిశ్రామిక వ్యర్థ పదార్థాల వంటి రకరకాల కాలుష్యకాలను అవసరాన్ని బట్టి మళ్ళీ మళ్ళీ వాడి ఉపయోగాలు పొందవచ్చు. పట్టణాల వ్యర్థ పదార్థాలను, కిరణధార్మిక వ్యర్థ పదార్థాలను, తక్కువ నాణ్యత గల ఇంధనవాయువు (fuel gas), విద్యుత్‌ల ఉత్పత్తి కోసం వాడవచ్చునని నేషనల్ ఎన్విరాన్ మెంటల్ ఇంజినీరింగ్ రిసెర్చి ఇన్స్టిట్యూట్ (National Environmental Engineering Research Institute, Nagpur), నాగపూర్ శాస్త్రజ్ఞులు వారి పరిశోధనలో తెలిపారు. పట్టణ వ్యర్థ పదార్థాలను తిరిగి తిరిగి వినియోగించే పరిశ్రమను కొత్త ఢిల్లీ దగ్గరి ఓక్లా (Okhla)లో స్థాపించారు. ఈ పరిశ్రమ నుంచి ప్రతిరోజు 0.6 మిలియన్ ఘనపుటడుగుల ఇంధన వాయువు, 700 నుండి 800 ఘనపుటడుగుల BTU ఉష్ణోగ్రత ఉత్పన్నమవుతుంది. మురికినీటిని నీటి వర్ధనం (Aquaculture) ద్వారా పునరుద్ధరించటం, గృహ సంబంధ పారిశ్రామిక సంబంధ వ్యర్థపు నీటిని వ్యవసాయానికి వినియోగించటం, ఫినాల్ (Phenol), సైనమైడ్ (Cynamide) వంటి రసాయనాలు గల వ్యర్థపునీటిని జీవ సంబంధమైన పద్ధతుల ద్వార ఉపయోగార్థంగా మార్చటానికి నేషనల్ ఎన్విరాన్ మెంటల్ ఇంజనీరింగ్ రిసెర్చి ఇన్స్టిట్యూట్ (NEERI), నాగపూర్ సాంకేతిక నిపుణులు అనేక పరిశోదనలు జరుపుతున్నారు. అదే విధంగా గుజరాత్‌లో వ్యర్థ పదార్థాలు గల మురికినీటిని తిరిగి ఉపయోగించటానికి కాచివడబోసే (Distillary) కర్మాగారాన్ని స్థాపించారు. ఈ కర్మాగారంలో రోజుకు 450,000 లీటర్ల వ్యర్థపునీరు శుభ్రమై, తద్వారా 10 టన్నుల బొగ్గుతో ఉత్పన్నమయ్యే శక్తికి సమానమైన శక్తి విడుదలవుతుంది.

3. కాలుష్యకాలను తొలగించటం

అయాన్ల వినిమయం (Ion Exchange), ఉత్క్రమ ద్రవాభిసరణ (reverse osmosis), అధిశోషణ (Adsorption), విద్యుత్ విశ్లేషణ (Electrolysis) వంటి సాంకేతిక పరమైన భౌతిక-రసాయన పద్ధతుల ద్వార రసాయన, రేడియోబయాలాజికల్ మలిన పదార్థాలను తొలగించవచ్చు. ముఖ్యంగా ఉత్క్రమ ద్రవాభిసరణ పద్ధతి ద్వారా వివిధ రకాల లవణాలను, ఇతర పదార్థాలను కలుషితమైన నీటి నుంచి విచక్షణ పొర సహాయంతో తొలగించవచ్చు. మురికినీటిని స్వచ్ఛత పరచటానికి, ఆర్థిక పరమైన ఖర్చులను తగ్గించటానికి ఇది సమర్థవంతమైన పద్ధతి. CSIR వారు నీటి కాలుష్య నిర్మూలనకు, కాలుష్యకాలను తిరిగి ఉపయోగించటానికి కొన్ని సాంకేతిక పరమైన పద్ధతులను సూచించి విజయవంతంగా నిర్వహిస్తున్నారు. ఇవి ఐదు రకాలు.

1. పారిశ్రామిక వ్యర్థపు నీటి నుంచి అమ్మోనియాను తొలగించటం

2. క్లోర్-ఆల్కలీ వంటి పారిశ్రామిక వ్యర్థ పదార్థాల నుంచి పాదరసాన్ని తొలగిచటం.
3. ఫినోలిక్‌లను తొలగించటం.
4. నీటి రంగులను తొలగించటం.
5. సోడియమ్ లవణాలను తొలగించటం.

1. పారిశ్రామిక వ్యర్థపు నీటి నుంచి అమ్మోనియాను తొలగించటం

అయాన్ వినిమయ పద్ధతి ద్వారా మిథాక్రిలిక్ ఆమ్లం (Methacrylic acid) తో ఆమ్ల కాటయాన్ల వినిమయాన్ని (Acidic cation exchange) అభివృద్ధి చేసి వ్యర్థపు నీటి నుండి అమ్మోనియాను తొలగించవచ్చు. అమ్మోనియాను అమ్మోనియమ్ సల్ఫేటు రూపంలోతొలగిస్తారు. ఈ పద్ధతి ద్వారా కాలుష్యకాలు తొలగడమే కాకుండా ఉపయోగార్హమైన లవణాలు కూడా లభిస్తాయి.

2. క్లోర్-ఆల్కలీ వంటి పారిశ్రామిక వ్యర్థ పదార్థాల నుండి పాదరసాన్ని తొలగించటం

మెర్క్యురి సెలెక్టివ్ అయాన్ ఎక్స్‌ఛేంజ్ రెజిన్ పద్ధతి ద్వార క్లోర్-ఆల్కలీ వంటి పారిశ్రామిక వ్యర్థ పదార్థాల నుంచి పాదరసాన్ని తొలగిస్తారు.

3. ఫినోలిక్‌లను తొలగించటం

పెట్రోలు శుద్ధి కర్మాగారాలు, కాగితపు గుజ్జు కర్మాగారాలు, రెజిన్ కర్మాగారాలు, కార్బనైజేషన్ యంత్రాలు, తోళ్ళ పరిశ్రమల నుండి విడుదలైన కాలుష్యపు నీటిని పాలిమెరిక్ అధిశోషకాలను (Polymeric Adsorbents) ఉపయోగించి ఫినోలిక్స్‌ను తొలగిస్తారు.

4. నీటి రంగులను తొలగించటం

గుజరాత్‌లో ముఖ్యంగా జెట్పూర్ (Jetpur) లో చీరెల అద్దకం వంటి రంగుల పరిశ్రమలలో వివిధ రంగుల చేత కలుషితమైన నీటి నుంచి ఎలక్ట్రోలైటిక్ డికాంపోజిషన్ వంటి సాంకేతికపద్ధతుల ద్వారా రంగులను తొలగించి, నీటి స్వచ్ఛతను కాపాడుతున్నారు.

5. సోడియమ్ లవణాలను తొలగించటం

గంగానది ఒడ్డు పొడుగున గల అనేక మహానగరాల నుండి రోజుకు దాదాపు 1000 మిలియన్ లీటర్ల మురికినీరు వెలువడి గంగానదిలో కలిసి తీవ్ర కాలుష్యానికి గురి చేస్తుంది. ఈ కాలుష్య నిర్మూలనకు భారత ప్రభుత్వం వారు రు. 560 మిలియన్‌ల వ్యయంతో సెట్టింగ్ అప్ సీవేజ్ ట్రీట్‌మెంట్ (Setting up Sewage treatment) అనే బృహత్ పథకాన్ని జూన్ 1987లో గంగా ప్రాజెక్ట్ పేరుతో ప్రారంభించారు. **శ్రీ యస్.యస్ బగ్గా** (S.S.Bagga), డివిజనల్ కమీషనర్, గంగా ప్రాజెక్ట్‌గారు ఇదివరకున్న సీవేజ్ పంపింగ్ స్టేషన్లను విస్తృత పరిచి క్రొత్త సీవేజ్ పంపింగ్ స్టేషన్ల నిర్మాణాన్ని చేపట్టి, గంగా కాలుష్య నివారణకు తగిన చర్యలు తీసుకుంటున్నారు. దీనికితోడు రేయాన్ (Rayan) మిల్లు నుండి వెలువడుతున్న కలుషిత నీటి నుంచి ఉత్క్రమ ద్రవాభిసరణ వంటి సాంకేతిక పద్ధతుల వల్ల సోడియమ్ సల్ఫేటును తొలగిస్తున్నారు. ఇదే విధంగా ఇంకా నీటి కాలుష్యాన్ని పూర్తిగా అదుపు చేయటానికి సరిక్రొత్త పద్ధతులనాలోచించి నీటి నాణ్యతను కాపాడవలసిన బాధ్యత మానవునిపైనే ఉంది.

5 (iii) వ్యర్థ ఘనపదార్థాల కాలుష్యం
(Solid Waste Pollution)

గాజుసీసాలు, పింగాణీపాత్రలు, ప్లాస్టిక్ వస్తువులు, పాలిథీన్ వస్తువులు, అట్టపెట్టెలకు బిగించే తాళ్ళు, రేకు డబ్బాలు, ఇనుపముక్కలు మొదలైన వ్యర్థ ఘనపదార్థాలను పెంటకుప్పల పైన పారేస్తాము. పాత సైకిల్ విడిభాగాలు, ఆటోమొబైల్ యంత్రాలు, అరిగిన పాత విడిభాగాలు, ఇంజన్లు మొదలైన ఘనపదార్థాలకు సంబంధించిన వస్తువులను పనికిరాని వస్తువులుగా బయట పడవేస్తారు. గృహ నిర్మాణ సంబంధమైన ఇటుకలు, రాళ్ళు, రప్పలు, సిమెంటు, మట్టి పెంకులు, ఇనుప ముక్కలు మొదలైన వ్యర్థ పదార్థాలను బయట పారవేయడం జరుగుతుంది. పై విధంగా అనేక వ్యర్థ ఘనపదార్థాలు అనేక విధాలుగా, అనేక స్థలాల్లో పోగుచేయబడి కాలుష్యాన్ని కలుగజేస్తున్నాయి.

అమెరికా, యూరపు మొదలైన సుసంపన్నమైన దేశాలలో అధికంగా వ్యర్థ ఘనపదార్థాల కాలుష్యం ఏర్పడుతుంది. యునైటెడ్ స్టేట్స్ ఆఫ్ అమెరికాలోని కన్సాస్ (Kansas) పట్టణంలో పరిసరాల పరిశుద్ధతను తెలుసుకోవటం కోసం క్రైస్తవులు నిర్వహించిన సర్వే కార్యక్రమంలో, ఒక మైలు విస్తీర్ణంలో 770 కాగితపు కుప్పలు, 730 సిగరెట్ ప్యాకెట్ డబ్బాలు, 590 ప్లాస్టిక్ డబ్బాలు, 90 నూనె డబ్బాలు, 50 పశుదాణాల ఖాళీ బస్తాలు, 30 అట్టపెట్టెలు, 26 వివిధ పత్రికలు, 20 చిత్రపటాలు, 16 కాఫీ డబ్బాలు, 10 చిరిగిన పరికిణీలు, 10 టైర్లు, 10 బర్లాప్ బ్యాగులు (Burlap Bags), 4 ఆటో బంపర్లు, 4 బూట్లు, 2 చెప్పులు, 2 చిరిగిన బనియన్‌లు, 2 హాస్యపుస్తకాలు (Comic books), 2 మంచం స్ప్రింగ్‌లు (Bed springs), 1 తుప్పుపట్టిన కారు, 1 పాత సైకిలు, మరియు 270 ఇతర వ్యర్థ పదార్థాలు ఉన్నట్లు తేలింది. ఇంకా పెద్ద పట్టణాలలో తుప్పుపట్టిన, చెడిపోయిన వాహనాలు అధిక సంఖ్యలో కుప్పలు తెప్పలుగా పడిఉంటాయి. 1966లో న్యూయార్క్ నగరం పోలీసు అధికారి ఆ నగరంలో 40,000 చెడిపోయిన కార్లు ఊరికే వదిలివేయబడ్డాయని ఒక సర్వేలో తెలియపరచాడు. యు.యస్.ఎ. లో దాదాపు 100 మిలియన్ టైర్లు కుప్పలు తెప్పలుగా వదిలివేయబడ్డాయి. కొన్ని వాహనాల సూక్ష్మజీవుల చేత విచ్ఛిన్నం చేయబడి తరిగిపోతున్నప్పటికీ, పాలిథీన్, ప్లాస్టిక్, నైలాన్ సంబంధిత వ్యర్థ ఘనపదార్థాలు తరుగుదల లేక యధాతథంగా ఉంటున్నాయి.

భారతదేశంలో ప్రత్యేకంగా రాజస్థాన్‌లో 1.9 మిలియన్ టన్నుల వ్యర్థ ఘనపదార్థాలు ప్రథమశ్రేణి పట్టణాలలో ఉత్పత్తి అవుతున్నాయి. కేవలం జయపూర్‌లోనే 30% వ్యర్థ ఘనపదార్థాలు ఉత్పన్నమవుతాయి. ద్వితీయశ్రేణి పట్టణ ప్రాంతాలలో ప్రతీ సంవత్సరం 0.21 మిలియన్ టన్నుల వ్యర్థ ఘనపదార్థాలు ఉత్పన్నం అవుతున్నాయి. ఇదే విధంగా అన్ని రాష్ట్రాలలో కూడా వ్యర్థ ఘన పదార్థాల కాలుష్య సమస్య తీవ్ర స్థాయికి చేరుకుంటుంది. అయితే తుప్పు పట్టిన ఇనుప సామాను, గాజుసీసాలు, కాగితాలు మాత్రం వృత్తిపరంగా వీధుల వెంట ఇంటింటికీ తిరిగే వారు నామమాత్రపు ఖరీదుతో కొని-ఈ వ్యర్థ పదార్థాల పంపిణీ సమస్యను కొంత వరకు నిర్మూలించ కల్గుతున్నారు. ఇనుము, ప్లాస్టిక్, గాజును కరిగించి తిరిగి కొత్త వస్తువులను చేసి ఈ కాలుష్యాన్ని పూర్తిగా నివారించి ఉపయోగాలను పొందవచ్చు. చెత్త చెదారం, పాత కాగితాలను యంత్రాల సహాయంతో తిరిగి కొత్త కాగితాలుగా తయారుచేయవచ్చు.

వ్యర్థ ఘనపదార్థాల నివారణ పద్ధతులు (Control measures for solid waste) :

1. పునః చక్రీయ పద్ధతి ద్వారా తిరిగి ఉపయోగించడం.
2. వ్యర్థ పదార్థాలను మండించి, ఉష్ణాన్ని విద్యుత్ ఉత్పాదనకు వినియోగించడం.
3. చెత్తను పచ్చిరొట్ట ఎరువుగా వినియోగించడం
4. పూర్తిగా అనర్హమైన పదార్థాలను కాల్చివేయడం.

5 (iv) కిరణధార్మిక కాలుష్యం
(Radio active Pollution)

కిరణధార్మిక పదార్థాలు అన్ని కాలుష్యాలకంటే చాలా ప్రమాదమైనవి. అణుబాంబులు, అణువిద్యుత్ శక్త్యాగారాలు, అణు సంబంధ పరిశ్రమలు, అధునాతన వైద్య, పరిశోధనా రంగాలలో వాడే యంత్ర పరికరాలనుంచి కిరణధార్మిక కాలుష్యం ఏర్పడుతుంది.

కిరణధార్మిక కిరణాల వనరులు (Sources of Radiation exposure) :

కిరణధార్మిక కిరణాల వనరులు రెండు రకాలు .

1. సహజ కిరణధార్మిక కిరణాలు
2. కృత్రిమ కిరణధార్మిక కిరణాలు

1. సహజ కిరణధార్మిక కిరణాలు (Natural Sources) :

మానవుని ప్రమేయం లేకుండా వాతావరణంలో గల సహజకిరణధార్మిక వనరులు రెండురకాలు. ఎ) కాస్మిక్ కిరణాలు బి) పర్యావరణ కిరణాలు.

ఎ) కాస్మిక్ కిరణాలు (Cosmic rays)

కాస్మిక్ కిరణాలు భూ వాతావరణం వెలుపల అంటే దాదాపు భూతలానికి 1000 మైళ్ళ దూరంలో అతి సూక్ష్మ కర్బన అణువులు (Corpuscular), విద్యుదయస్కాంతం (electromagnetic) తో సమ్మిళితమైన మిశ్రమ పదార్థంలో కల్సి ఉంటాయి. సముద్ర మట్టంలో కాస్మిక్ కిరణాలు (Cosmic radiation) సంవత్సరానికి 40 మిల్లిరెమ్ (40 millirem $year^{-1}$) సాంద్రతలో ఉంటాయని అంచనాలు వేశారు. ఇది ప్రతీ 100 అడుగుల ఎత్తుకు పోయినపుడు ఒక మిల్లిరెమ్ చొప్పున పెరుగుతుంది. బొంబాయి సముద్ర మట్టంలో 48.4 మిల్లిరెమ్‌ల కాస్మిక్ రేడియేషన్ ఉంది. ఢిల్లీ నగరంలో 216 మీటర్ల ఎత్తులో 70.0 - 31.0 మిల్లిరెమ్‌లు, మద్రాస్ సముద్ర మట్టంలో 79.0 - 28.0 మిల్లిరెమ్‌లు, బెంగుళూరులో 921 మీటర్ల ఎత్తున 82.5 - 44.0 మిల్లిరెమ్‌లు సాంవత్సరిక సాంద్రతలు ఉన్నాయి (Nambi, 1986). అందువల్లనే ఎత్తు ప్రదేశాలలో నివసించే ప్రజలకు ఎక్కువ కాస్మిక్ కిరణాలు సోకే అవకాశాలుంటాయి. జీవావరణంలో కాస్మిక్ రేడియేషన్ తీవ్రత సంవత్సరానికి 35 mrads ఉంటుంది. ఇది చాలా తక్కువే అయినప్పటికీ అంతరిక్ష రవాణా (space travel) సంబంధమైన పైలెట్ (Pilot) అధికారులు ఎత్తులో ప్రయాణించడం వల్ల సంవత్సరానికి 300 mrads శక్తి గల కాస్మిక్ కిరణాలను గ్రహించి తీవ్ర పరిణామాలకు గురి అవుతారు. మానవుడు రోజుకు

0.01 rotengen శక్తిగల కాస్మిక్ కిరణాలను మాత్రమే తట్టుకోగలడు. అంతకు మించినపుడు దాని ప్రభావం ఉంటుంది.

బి) పర్యావరణ వికిరణ కిరణాలు (Environmental radiation rays sources)

పర్యావరణ కిరణధార్మిక వనరులు మూడు రకాలుంటాయి.

1. భౌమ వికిరణాలు 2. వాతావరణ వికిరణాలు 3. అంతర్గత వికిరణాలు.

1. భౌమ వికిరణాలు (Terrestrial radiations) :

ఆక్టినియం, రేడియం, థోరియమ్, యురేనియం వంటి అపురూప ఖనిజాలు (rare earths), పొటాషియం సమస్థానీయాలు (K^{40}), కార్బన్ సమస్థానీయాలు (C^{14}) వంటి రేడియో ఐసోటోప్‌లు మరియు రేడియోన్యూక్లైడ్‌లు, నేలలో, శిలలో, నీటిలో, వాయువులో విస్తృతంగా వ్యాపించి ఉన్నాయి. సముద్రపు అవక్షేప పొరలు (Sediments) సాధారణంగా మంచినీటి అవక్షేప పొరల కంటే అధిక గాఢతలో రేడియో న్యూక్లైడ్‌లను కలిగి ఉంటాయి. మనిషి ఒక సంవత్సరానికి 50 mrads (50 mrads $year^{-1}$) భౌమ వికిరణాలను గ్రహించగలడని అంచనాలున్నాయి. భారతదేశంలో కేరళ వంటి రాష్ట్రాలలో యురేనియంతో నిండిన శిలలు అనేకంగా ఉండడం వల్ల కాస్మిక్ కిరణాలు, భౌమ వికిరణాలు ఏర్పడి చివరకు బ్యాక్‌గ్రౌండ్ వికిరణాలు (Back ground radiation) ఉత్పత్తి అవుతున్నాయి.

2. వాతావరణ వికిరణాలు (Atmospheric radiations) :

రాండన్ (Randon), థోరాన్ (Thoran) వంటి కిరణ ధార్మిక వాయువుల (Radio active gases) వల్ల వాతావరణ వికిరణాలు ఏర్పడుతాయి. వీటి గాఢత అతి స్వల్పం. అంటే సంవత్సరానికి 2 mrads మాత్రమే.

3. అంతర్గ వికిరణాలు (Internal radiations) :

అంతర్గత రేడియేషన్‌లు యురేనియం, థోరియం వంటి అపురూప ఖనిజాలు, పొటాషియం సమస్థానీయం, స్ట్రాన్షియమ్ సమస్థానీయం, కార్బన్ సమస్థానీయం మొదలైన ఐసోటోపుల రూపాలలో అంతర్గత రేడియేషన్‌లు ఉంటాయి. వివిధ కిరణధార్మిక పదార్థాల (Radio active matter) నుంచి ఉత్పత్తయిన అంతర్గత రేడియేషన్‌లు మానవ శరీర కణజాలంలో అంతర్గతంగా నిలువ చేయబడతాయి. సాధారణంగా మానవుని శరీరంలో సంవత్సరానికి 25 mrads గాఢత గల అంతర్గత రేడియేషన్ ఉంటుంది. అయితే ఒక్కొక్కసారి 70 నుండి 80 mrads వరకు కూడా ఉన్నట్లు దాఖలాలు ఉన్నాయి. మొత్తం సహజ వికిరణాలతో వ్యక్తి శరీరంలో నున్న సరాసరి అంతర్గత రేడియేషన్‌ను పోల్చి చూచినపుడు వ్యక్తిలోని రేడియేషన్ గాఢత సంవత్సరానికి 0.1 mrad (0.1 mrad $year^{-1}$) అని తేలింది.

2. కృత్రిమ కిరణధార్మిక కిరణాలు (Man-made radiation exposure sources) :

ఆధునిక మానవుని కార్యకలాపాల ద్వారా కృత్రిమ కిరణ ధార్మిక వనరులు అధికంగా అభివృద్ధి చెందుతున్నాయి. అవి - 4 రకాలు

1. వైద్యవిధానాలు - ఉపయోగాలు.
2. కేంద్రకాల ప్రేలుళ్ళు

3. అణుశక్త్యాగారాల నుంచి కిరణధార్మిక వ్యర్థ పదార్థాలు
4. ఇతర వనరుల నుంచి రేడియేషన్

1. వైద్య విధానాలు - ఉపయోగాలు (Medical and dental uses)

వైద్య రంగంలో వ్యాధుల నిర్ధారణకు దంతాలు, ఎముకలు, ఊపిరితిత్తులు, గుండె, మెదడు ఇతర అంగాలకు ఎక్స్-రే (X-ray) పరీక్షలు జరిపినపుడు అయనీకరణ వికిరణాలు (ionizing radiations) ఉత్పత్తి అవుతాయి. ఎక్స్-కిరణాలు అత్యంత శక్తివంతమైనవి, అపాయకరమైనవి, కాబట్టి వ్యాధి జనకాల (రోగ జీవులు)తో పాటు శరీర కణజాలాన్ని కూడా పాడుచేస్తాయి. ఎక్స్-కిరణాలకు వ్యాధిగ్రస్తులు ముఖ్యంగా చిన్నపిల్లలు, గర్భిణీ స్త్రీలు, రేడియాలజిస్ట్‌లు (డాక్టర్లు) అధికంగా గురవుతున్నారు. 0.02 red నుండి 3.0 red గాఢతలో నున్న ఎక్స్-కిరణాలు శరీరంలో ప్రవేశించినపుడు చర్మం, ఇతర కణాలు నశించే అవకాశాలున్నాయి.

2. కేంద్రకాల ప్రేలుళ్ళు (Nuclear explosions)

కిరణధార్మిక కేంద్రకాలు పేలటం, విస్తరణ అంతాకూడా అరసెకను కాలంలో జరిగిపోతుంది. ఒక అణుబాంబ్ పేలినపుడు 50% శక్తి, 33% ఉష్ణం, 17% కిరణధార్మిక కిరణాలు ఉత్పన్నం అవుతాయి (Glasstone, 1977). ఒక బాంబ్ పేలినపుడు అనేక బిలియన్ అట్మాస్ఫియర్‌ల ఒత్తిడి (Several billion atmospheres pressure) తో 10^{8}°C ల ఉష్ణోగ్రత ఉత్పన్నం అవుతుంది. అణుబాంబ్ పేలుడులో వెలువడ్డ కిరణ ధార్మిక దుమ్ము (Radio active dust) ను రేడియో ఆక్టివ్ ఫాల్‌ఔట్ (Radio active fall out) అంటారు. ప్రేలుడులో వెలువడ్డ రేడియో న్యూక్లైడ్‌ల (Radionucleides) అర్ధ జీవిత కాలం (half life period) కొన్ని సెకనుల నుండి అనేక వేల సంవత్సరాల వరకు ఉంటుంది. స్ట్రాన్షియమ్^{90} అర్ధ జీవితకాలం 28.1 సంవత్సరాలు, సెలనియమ్^{137} అర్ధజీవిత కాలం 30 సంవత్సరాలు, కార్బన్^{14} అర్ధ జీవిత కాలం 5730 సంవత్సరాలు, అదే విధంగా స్ట్రాన్షియమ్^{89} కు 51 రోజులు, అయోడిన్^{131}కు 8.05 రోజులు అర్ధ జీవితకాలాలు ఉంటాయి. కేంద్రకాల పేలుళ్ల వల్ల వెలువడ్డ వివిధ రేడియోన్యూక్లైడ్‌లు భూమిపైన, వాతావరణంలో స్థిరపడి కొన్ని వేల సంవత్సరాల వరకు ఆహారపుగొలుసు ద్వార జంతువులకు, మానవునికి సైతం చేరుతూ ఉంటుంది. స్ట్రాన్షియవ్^{90} మూలకం ఆహారపు గొలుసులో ప్రవేశించి గడ్డి ద్వారా పశువులకు; పాలు, మాంసం, ఆహార ధాన్యాల ద్వారా మానవుని శరీరంలోకి చేరుతుంది. ఇది 99% దేహంలోని ఎముకలలో జమ చేయబడి అస్థికణాలకు హాని కలిగిస్తుంది. అంతే కాకుండా మృదులాస్థిని, రక్తాన్ని ఉత్పత్తి చేసే అస్థి కణజాలం (Marrow blood cell producing tissues) కూడా పూర్తిగా దెబ్బతింటాయి.

అయోడిన్^{131} కూడా కేంద్రక పేలుడులో రేడియో న్యూక్లైడ్‌లను పెద్ద మొత్తంలో విడుదలచేసి వాతావరణాన్ని కలుషితం చేస్తుంది. ఈ రేడియో న్యూక్లైడ్‌లు ఆహారపు గొలుసు ద్వారా మానవశరీరంలో ప్రవేశించి ముఖ్యంగా థైరాయిడ్ (Thyroid glands) గ్రంథులలో నిలువ చేయబడి, ఆ గ్రంథులను పాడుచేస్తాయి. రేడియో న్యూక్లైడ్‌లు కేవలం ఆహారపు గొలుసు ద్వారానే కాకుండా జీవ-భూ-రసాయన వలయాల ద్వారా జీవావరణంలో చేరతాయి. మానవుడు 2000 కేంద్రక పేలుళ్ళను ప్రయోగించినపుడు

వాతావరణంలో కిరణధార్మికత (Radio activity) దాదాపు 3% పెరుగుతుందని శాస్త్రవేత్తల అంచనాలు ఉన్నాయి.

3. అణుశక్త్యాగారాల నుంచి కిరణధార్మిక వ్యర్థ పదార్థాలు

(Radio active waste from nuclear power plants)

అణుశక్త్యాగారాల నుంచి వెలువడుతున్న కిరణధార్మిక కిరణాలు (radiations) అతి స్వల్పం. అందువల్ల వీటితో చెప్పుకోదగ్గ ప్రమాదాలు ఏమీ లేవనే చెప్పాలి. అణుశక్త్యాగారాలు అణుబాంబ్‌లలాగా పేలవు. అయినప్పటికీ ఫ్యూయల్ రాడ్ ట్యూబ్ (fuel rod tubes) పగుళ్ళ నుంచి వెలువడే కిరణధార్మిక పదార్థాలు వాతావరణంలో కలుస్తాయి. 1979లో యునైటెడ్ స్టేట్స్ మూడు మైళ్ళ విస్తీర్ణం గల చెర్నోబిల్ ద్వీపంలో గల అణుశక్త్యాగారం పేలి, పగిలిపోవటం, 1986లో రష్యాలోని అణుశక్త్యాగారం కరిగిపోవటం వంటి ప్రమాదాలలో మాత్రం రేడియోన్యూక్లైడ్‌లు (Radionucleids) అధిక ప్రమాణాలలో వెలువడి కాలుష్యాన్ని కలుగజేసిన సంఘటనలు ఉన్నాయి. చెర్నోబిల్ సంఘటనలో విడుదలైన 20 కిరణధార్మిక మూలకాలలో (radio active elements) అయోడిన్^{131}, సీసియమ్^{137} మాత్రం ప్రమాదకరమైన స్థాయిలో వెలువడ్డాయి. అణుధార్మిక ఇంధనం (Nuclear fuel), వాయు సంబంధ కిరణధార్మిక వ్యర్థ పదార్థాలు (gaseous effluents) మొదలైన రేడియో ధార్మిక న్యూక్లైడ్‌ల నిర్మూలన అంత తేలికైన పనికాదు. ప్రతీ సంవత్సరం అణుశక్త్యాగారాల నుంచి కొన్ని వందల టన్నుల కిరణధార్మిక వ్యర్థ పదార్థాలు స్థాయిని మించి వెలువడుతున్నప్పటికీ, తగిన నివారణ పద్ధతులు నేటికీ కనుక్కోవడం జరగలేదు.

ప్రెషరైజ్డ్ వాటర్ రియాక్టర్‌ల (PWR) నుంచి వెలువడుతున్న అణు ఇంధనం (Nuclear fuel) సంవత్సరానికి దాదాపు 36 మెగారామ్స్ (36 mega rams giga watts^{-1} year^{-1}) ఉంటుంది. అదే విధంగా అణుశక్త్యాగారాల నుంచి వెలువడ్డ అయోడిన్^{129}, అయోడిన్^{131}, ఇనుము, అనేక కిరణధార్మిక మూలకాల ఐసోటోప్‌లు పెద్ద మొత్తాలలో వెలువడుతున్నాయి. వాయు సంబంధమైన కిరణధార్మిక వ్యర్థ పదార్థాలలో హైడ్రోజన్^{3} (tritium), కార్బన్ కిరణధార్మిక ఐసోటోప్ (C^{14}) (Radio active isotop, of carbon), క్రిప్టాన్ (Kr^{85}), అయోడిన్ (I^{129}) వంటి పదార్థాలు ముఖ్యమైనవి. స్ట్రాన్షియం కిరణధార్మిక పదార్థాలు కాల్షియమ్ సంబంధమైన ఎముకలలో నిలువ చేయబడతాయి.

అంతర్జాతీయ ప్రమాణాల వ్యవస్థ (International system of Units)

రోయెంట్‌జెన్, రాడ్, రెమ్ మొదలైన రేడియేషన్ ప్రమాణాలను అంతర్జాతీయ ప్రమాణాల వ్యవస్థ వారు తృణీకరించి వాటి స్థానంలో కొలోంబ్ (Coulomb Kg^{-1}), గ్రే (Gray Kg^{-1}), జౌల్ (Joule Kg^{-1}) అన్న మూడు రకాల ప్రమాణాలను విరివిగా ఉపయోగిస్తున్నారు (WHO, 1977).

జీవరాశులపై రేడియేషన్ ప్రభావం

(Biological Effect of Radiation)

అయోనైజింగ్ రేడియేషన్‌ల ద్వారా జీవరాశులు 2 రకాల ప్రభావాలకు లోనవుతాయని తెలుస్తుంది. (Plant, 1969; WHO, 1961, 1972; Mc. Lean, 1973). అవి -

1. శారీరక సంబంధ ప్రభావాలు
2. జన్యు సంబంధ ప్రభావాలు

1. శారీరక సంబంధ ప్రభావాలు (Somatic Effects) :

శారీరక కణజాలం (body cells) పైన రేడియేషన్‌ల ప్రభావం వల్ల కలిగే ప్రత్యక్ష ఫలితాలను శారీరక సంబంధ ప్రభావాలని అంటారు. ఈ ఫలితాలు వెంటనే కాని లేదా ఆలస్యంగా కాని కనబడవచ్చు. 400 నుండి 500 రోయెంట్‌జెన్‌ల గాఢత గల రేడియేషన్‌లకు ఒక జనాభాలోని కనీసం 50% మంది శరీరాలు కృశించి చనిపోవడం జరుగుతుంది. కాని 600 నుండి 700 రోయెంట్‌జెన్ గాఢతలో నున్న రేడియేషన్ ప్రభావం వల్ల 100% జనాభాలు పూర్తిగా నశించగలవు. 25 నుండి 50 రోయెంట్‌జెన్ ప్రమాణాల గాఢత గల రేడియేషన్‌కు ఒక శరీరం గురైనపుడు, ఆ శరీరం పూర్తి అలసట చెంది, కండరాలు మెత్తబడి పోతాయి (Plant, 1969). ఇంతకు మించిన గాఢతలో రేడియేషన్ కిరణాలు శరీరానికి సోకినపుడు జ్వరంతో కూడిన వాంతులు, అలసట సంభవించి, నెమ్మదిగా రక్త కణాల సంఖ్య తగ్గిపోతుంది. తర్వాత 'అనీమియా' (Anemia) వ్యాధి కూడా సోకుతుంది. అనీమియా, హెమరేజ్ (Hemorrhage) మొదలైన తీవ్ర వ్యాధులను తట్టుకోలేక కొన్ని జీవులు చనిపోతాయి. రేడియేషన్‌లు ఆలస్యంగా ప్రభావాన్ని చూపినపుడు వ్యాధిగ్రస్తుడు కొన్ని నెలలు లేదా ఒకటి రెండు సంవత్సరాలు బ్రతకవచ్చు. ల్యూకేమియా (:Leuckemia), మాలిగ్నంట్ ట్యూమర్స్ (Malignant tumours), కంటి శుక్లాలు (eye cataracts), గుండె రక్త ప్రసరణ అవకతవకలు (Cardiovascular disorders), అకాల **వార్ధక్యం** (Premature aging), జీవిత కాలం తగ్గటం (reduced longevity) వంటి అనేక వ్యాధులు దీర్ఘకాలిక ప్రభావం వల్ల వస్తాయి. ఎక్స్-కిరణాల వంటి రేడియేషన్ ప్రభావంతో ముఖ్యంగా గర్భిణీస్త్రీలకు పుట్టబోయే పిల్లలకు కాన్సర్ వ్యాధులు రావచ్చు.

2. జన్యు సంబంధ ప్రభావాలు (Genetic Effects) :

వివిధ రేడియేషన్‌ల ప్రభావంతో జన్యు సంబంధ నిర్మాణాలయిన క్రోమోజోమ్‌లు, జన్యువులు (genes) కూడా దెబ్బతింటాయి. యురేనియం గని కార్మికులు, రేడియమ్‌తో రంగులు వేసే పని మనుషులు, **రేడియాలజిస్ట్‌లు** (radiologists) వివిధ రేడియేషన్‌ల వల్ల జన్యు సంబంధమైన ప్రభావాలకు విపరీతంగా లోనవుతున్నారు. ఎక్స్ కిరణాలు, రేడియమ్, థోరియమ్ వంటి రేడియో న్యూక్లైడ్‌లు మొదలైన వైద్య విధానాలలో వ్యాధిగ్రస్తులు రేడియేషన్ వల్ల జన్యు సంబంధ ప్రభావాలకు ఎక్కువగా లోనవుతున్నారు. అణు శక్త్యాగారాలు (Atomic power stations), అణుకేంద్రకాల ప్రేలుళ్ళు (Nuclear explosions) వంటి సంఘటనలలో రేడియేషన్ కిరణాలు ఉత్పన్నమై అకాలప్రసవం, ప్రాణంలేని శిశువులు జన్మించటం, మతి చాంచల్యం, బుద్ధి కుశలత తగ్గడం వంటి అనేక దుష్పరిమాణాలకు గురి చేస్తున్నాయి.

చెర్నోబిల్ అణుశక్త్యాగార దుర్ఘటన వల్ల ఇరుగు-పొరుగు గ్రామాల ప్రజలు 350 నుండి 400 రోయెంట్‌జెన్ గాఢత గల రేడియేషన్ కిరణాల ప్రభావానికి గురై దాదాపు 50% చనిపోయినట్లు **డా॥ బిల్ కాల్డికోట్** (Dr. Bill Caldicott) వెల్లడించాడు. అయితే మిగతా 50% శాతం ప్రజలు వెంట్రుకలు ఊడిపోయి, ఎముకలలోని రక్త కణాలు దెబ్బతిని, తెల్లరక్తకణాలు పూర్తిగా నశించి, నపుంసకత్వం ఏర్పడి, శరరం రోగనిరోధక శక్తిని కోల్పోయి, తద్వారా ఎయిడ్స్ (AIDS) వ్యాధి సోకడం, కడుపులోని పేగుల కణాలలోఅంతర్గత రక్త స్రావం కావడం, చివరకు ఒకటి లేదా రెండు వారాలలో మరణించడం జరిగింది. 100 రోయెంటెజెన్ గాఢత గల రేడియేషన్ సోకిన ప్రజలు కూడా కొద్ది కాలం

గడచిన తర్వాత పై లక్షణాలతో అనేక వ్యాధులకు గురై చివరకు మరణించడం జరిగిదని **డా॥ బిల్ కాల్డికోట్** వివరించారు. మనుషులే కాకుండ వివిధ జీవరాశులు కూడా రేడియేషన్‌కు గురై తలనొప్పి, వాంతులు, మనోవ్యధ మొదలైన తీవ్ర బాధల వల్ల మరణించాయి. జీవరాశులకు రేడియేషన్ ప్రభావం వల్ల కాలగమనంలో జన్యు సంబంధ లక్షణాలలో అనేక అవలక్షణాలు చోటు చేసుకొని వినాశకరమైన దుష్పరిణామాలు ఏర్పడ్డాయి (Dr. Bill Caldicott, 1986).

రేడియేషన్ రక్షణ
(Radiation Protection)

సంవత్సరానికి సుమారు అన్ని వనరుల ద్వారా విడుదలైన రేడియేషన్ 0.1 rad (0.1 rad $year^{-1}$) అని అంచనా వేయడం జరిగింది. ప్రస్తుతం ఈ గాఢతలో నున్న రేడియేషన్ వల్ల పర్యావరణ కాలుష్యం చెప్పుకోదగ్గ స్థాయికి చేరలేదనే చెప్పాలి. అందుకే మానవ కార్యకలాపాల వల్ల రేడియేషన్ విడుదల సంవత్సరానికి 0.5 రాడ్ (rad) పరిమాణాన్ని మించకుండా ఉండాలని ఇంటర్నేషనల్ కమీషన్ ఆన్ రేడియోలాజికల్ ప్రొటెక్షన్ (ICRP) వారు సిఫారసు చేశారు. ఫ్లోరోస్కోపి (Fluoroscopy) వైద్య విధానంలో ఒక నిమిషంలో 4 రాడ్ (rad) ప్రమాణాలలో రేడియేషన్ విడుదల అవుతుంది. కాబట్టి అనివార్య పరిస్థితిలో మాత్రమే ఎక్స్-కిరణాలను పిల్లలకు, గర్భిణీస్త్రీలకు వైద్య విధానంలో ఉపయోగించాలని ప్రపంచ ఆరోగ్య సంస్థ (WHO, 1963) వారు ఉద్ఘాటించారు. అధునాతన సాంకేతిక విధానాలను అభివృద్ధి చేసినట్లైతే రేడియేషన్ ద్వారా రోగులకు, వైద్యులకు, రేడియాలజిస్ట్‌లకు ఎటువంటి ప్రమాదాలుండబోవని అంతర్జాతీయ ఆరోగ్య సంస్థ (WHO, 1965) వారు సిఫారసులు చేశారు. ఎక్స్-కిరణాల సంబంధమైన పనులలో పాల్గొనే సిబ్బంది సీసంతో తయారైన కవచాలు (shields), సీసం-రబ్బరుతో కలిపినేసిన ఆప్రాన్ (Apron) లను ఉపయోగించి 90% ఎక్స్-కిరణాల గాఢతను తగ్గించవచ్చు. అధునాతన సీసం ఆప్రాన్ 0.5 mm మందం ఉండడం వల్ల దీనిపై ఎక్స్-కిరణాల ప్రభావం ఉండబోదు. అందువల్ల ఎక్స్-కిరణాలకు సంబంధించిన పనులకు నియమించిన సిబ్బంది డోసిమీటర్ (Dosimeter) ను లేదా ఫిల్మ్ బ్యాడ్జి ఆప్రాన్‌ను విధిగా వాడాలి.

న్యూక్లియర్ రియాక్టర్లలో సూక్ష్మపదార్థాలుగా (fission products) విభజించబడ్డ అయోడిన్ (I^{131}) దాదాపు 5% ఉంటుంది. ప్రెషరైజ్డ్ వాటర్ రియాక్టర్ (PWR) యంత్రాలలో ట్రిటియమ్ (H^3) అధిక మొత్తాలలో ఉత్పత్తి అవటం వల్ల వాతావరణంలో కలుస్తుంది. కిరణధార్మిక కార్బన్, కిరణధార్మిక స్ట్రాన్షియమ్, ట్రిటియమ్ ఇతర రేడియో న్యూక్లియోటైడ్‌లలాగా B-రేడియేషన్‌లను విడుదల చేస్తాయి. ట్రిటియమ్ కిరణజన్య సంయోగక్రియలో కూడా పాల్గొంటుంది. అణుశక్త్యాగారాల నుంచి విడుదలైన ట్రిటియమ్ సముద్రాలలో 40 అడుగుల లోతువరకు, వాతావరణంలో 10 కి.మీ. ఎత్తు వరకు వ్యాపించింది. క్రిప్టాన్ (Kr^{85}) కూడా వాయురూపంలో ఉండే వేరొక కిరణధార్మిక పదార్థం. దీని సగటు అర్ధజీవితకాలం (half life period) 10.76 సంవత్సరాలు. ఇది వాతావరణాన్ని అంతగా కలుషితం చేయదు. 2000 సంవత్సరాల నాటికి వాతావరణంలో దీని గాఢత 0.02 mrem పరిమాణంలో ఉంటుందని అంచనా. 2000 సంవత్సరాల నాటికి ప్రతీ మనిషి దేహంలో సగటున 0.002 mrem పరిమాణంలో వివిధ కిరణధార్మిక పదార్థాలుంటాయని శాస్త్రజ్ఞుల అంచనా.

ఇతర వనరుల ద్వారా కిరణధార్మికత (Radiation from other sources) :

గడియారంలోని రేడియమ్, ఎక్స్-రే, రంగుల టెలివిజన్‌లోని ఫ్లోరోస్కోపి (fluoroscopy), రాడార్ (radar) లనుంచి, కేంద్రక పరిశోధనా ప్రయోగశాలలు (Nuclear research) మొదలైన ఇతర వనరుల నుంచి కిరణధార్మిక వ్యర్థ పదార్థాలు వెలువడుతున్నాయి. సహజ కిరణ ధార్మికత కంటే మానవ కార్యకలాపాల ద్వారా వెలువడ్డ కిరణధార్మికత (Radiation) చాలా తక్కువ. మొత్తం కిరణ ధార్మికతలో దాదాపు 75% సహజ కిరణధార్మికత ఉంటుంది (Nambi, 1986). ఫెడరల్ రేడియేషన్ కౌన్సిల్ (FRC) వారు, అమెరికాలో మానవ కార్యకలాపాల వల్ల సంవత్సరానికి 67 mrems (67 mrems $year^{-1}$) పరిమాణం గల రేడియోధార్మిక కిరణాలు వెలువడుతాయని తెలిపారు. దీనిలో 50 mrems (75%) వ్యాధి నిర్ణయ సంబంధ పరీక్షలలో వాడే ఎక్స్-రే పరికరాల వల్ల, 10.72 mrems (10%) రేడియేషన్ వైద్యచికిత్స వల్ల (radiation therapy), 4.02 mrems (6%) రేడియో ఆక్టివ్ ఫాల్‌ఔట్ వల్ల (radio active fall out), 2.01 mrems (3%) ఇతర వనరుల ద్వార కిరణధార్మిక కాలుష్యం వెలువడుతుంది. వైద్య సంబంధమైన మానవ కార్యకలాపాల ద్వారా దాదాపు 96% రేడియేషన్‌లు వెలువడుతున్నాయి.

వికిరణాలలోని రకాలు (Types of radiation) :

రేడియేషన్‌లు ముఖ్యంగా రెండు రకాలు. అవి -

1. విద్యుదయస్కాంత వికిరణాలు (Electromagnetic radiations) ఉదా : ఎక్స్-కిరణాలు.
2. కణమయ వికిరణాలు (Carpscular radiations) ఉదా : ఆల్ఫా రేడియేషన్

ఎక్స్ కిరణాలు (X-rays), గామా కిరణాలు తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యత గల విద్యుత్ అయస్కాంత కిరణాలు. ఇవి కఠినమైన ఘనపదార్థాలలో సైతం చొచ్చుకొని పోగలవు. ఇవి మానవ కార్యకలాపాల పరంగానే కాకుండ రేఢియమ్, ప్లూటోనియం వంటి అపురూప ఖనిజాల అణుకేంద్రకాల (Atomic nuclei) నుంచి సహజంగా కూడా వెలువడుతాయి. ఉదా : ఆల్ఫా కిరణాలు, బీటా కిరణాలు. ఎలక్ట్రాన్లు, ప్రోటాన్లు మొదలైనవి కణమయ వికిరణాలు. వీటికి రేడియమ్^{226}, యురేనియం^{238}, ప్లూటోనియం ^{239} వంటి మూలకాలు (elements) మంచి ఉదాహరణ. ఈ కిరణాలు ఘనపదార్థాల నుంచి చొచ్చుకొని పోలేవు. కానీ ఎక్స్-కిరణాల కంటే 10 రెట్లు హానికరమైనవి.

కిరణధార్మికతను కొలవటం

మేడమ్‌క్యూరి (Madam Marie Curie) శాస్త్రవేత్త తర్వాత ఆమె పేరుతో కిరణధార్మికత గాఢతను కొలవటానికి 'క్యూరి' (Curie) (Ci) అన్న ప్రాథమిక ప్రమాణాలను ఉపయోగిస్తున్నారు. ఈ ప్రమాణాలు కేంద్రకాల శిథిలీకరణ రేటు (Rate of Nuclear disintegration) ను కూడా తెలియపరుస్తాయి. ఒక క్యూరి (Ci) ప్రమాణానికి 3.7×10^{10} కేంద్రకాల శిథిలీకరణ gm^{-1} $second^{-1}$ ప్రమాణాలు సమానంగా ఉంటాయి.

రేడియేషన్ బలాన్ని కొలవటం (Measurement of Radiation Potency) :

రేడియేషన్‌ను కొలిచే ప్రమాణాలు 3 రకాలుగా ఉంటాయి.

1. రోయెంట్‌జెన్ (Roentgen)
2. రాడ్ (Rad)
3. రెమ్ (Rem)

1. రోయెంట్‌జెన్ (Roentgen) :

కొనార్డ్ రోయెంట్‌జెన్ (Konard Roentgen) పేరుతో, ఎక్స్-కిరణాలు, గామా కిరణాలు ఉత్పత్తి చేసిన అయనీకరణాన్ని (Ionization) కొలిచే ప్రమాణాన్ని రోయెంట్‌జెన్ అంటారు. ఒక రోయెంట్‌జెన్, 1ml. వాయువు ఉత్పత్తి చేసిన 2.083×10^{10} అయాన్‌ల జతలు సమానంగా ఉంటాయి. ఎక్స్-కిరణాలకు, గామ-కిరణాలకు రోయెంట్‌జెన్ ప్రమాణాలే సరియైన కొలతబద్దలని రేడియాలజిస్ట్‌లు, ఈ ప్రమాణాలనే తు.చ. తప్పకుండా వాడతారు.

2. రాడ్ (Rad) :

జీవకణజాలం గ్రహించిన అయోనైజింగ్ రేడియేషన్‌ల మొత్తాన్ని 'రాడ్' అనే ప్రమాణాలలో కొలుస్తారు. అంటే ఒక గ్రాము కణజాలం 100 ఎర్గ్‌ల (ergs) శక్తిని గ్రహించటానికి కావలసిన రేడియేషన్ మొత్తం ఒక 'రాడ్'కు సమానం అంటారు. నిజానికి ఒక 'రాడ్'కు సరిసమానం ఒక రోయెంట్‌జెన్ ఉంటుందని ప్రయోగరీత్యా **ప్లాంట్** అనే శాస్త్రవేత్త (Plant, 1969) ప్రవచించాడు. వాతావరణంలో రేడియేషన్ స్థాయి 1/1000 ప్రమాణాన్ని రాడ్-మార్డ్ (Rad-mard) లేదా MR అంటారు. ఇది రేడియేషన్‌ను కొలవటానికి అనువుగా ఉంటుంది. రోయెంట్‌జెన్, రాడ్ అనే రెండు ప్రమాణాల ద్వారా కూడా రేడియేషన్ మొత్తాలను కొలుస్తారు.

3. రెమ్ (Rem) :

ఒక ప్రమాణ జీవకణాలు, ఎక్స్-కిరణాలు గ్రహించే శక్తిని రోయెంట్‌జెన్ అనీ, దానికి సమానమైన అయొనైజేషన్ రేడియేషన్‌ను 'రెమ్' అనీ అంటారు. అయొనైజేషన్ రేడియేషన్ ద్వారా చెడిపోయిన జీవకణసముదాయాలను కొలవటానికి 'రెమ్'అనే ప్రమాణాలు సముచితంగా ఉంటాయి. 'రెమ్' ప్రమాణాల ద్వారా ఆరోగ్యానికి అపాయకరమైన శక్తిని కొలిచి తెలుసుకోవటానికి వీలవుతుంది.

రేడియేషన్ వ్యర్థ పదార్థాలకు తగిన నిర్మూలన పద్ధతులు

(Suitable waste disposal methods) :

కేంద్రక శక్త్యాగారాల నుంచి (Nuclear power plants) విడుదలవుతున్న కిరణధార్మి (Radiation) కాలుష్యాన్ని నిర్మూలించే నవీన సాంకేతిక పద్ధతులను కనుక్కొని పర్యావరణ నాణ్యతను కాపాడాలి. జనసామర్థ్యం గల ప్రాంతాలకు చాలా దూరంగా కేంద్రక శక్త్యాగారాలను నెలకొల్పి, కర్మాగారాల చుట్టూ రేడియేషన్‌ను గ్రహించే యంత్రాలను అమర్చాలి. అందువల్ల ప్రమాద సంఘటనలు అనుకోకుండ జరిగినప్పటికీ రేడియేషన్ కిరణాలు దూరప్రాంతాలకు తప్పించుకొని పోజాలవు. ఇంటర్ నేషనల్ అటామిక్ ఎనర్జీ ఏజన్సీ (IAEA), డైరెక్టర్ అయిన **డా॥ హన్స్‌బ్లిక్స్**, కేంద్రక శక్త్యాగారాలకు తగిన రక్షిత పథకాలను రూపొందించి, మానవుని ఉన్నతికి తోడ్పడాలని ఉద్బోధించారు.

5 (v) ధ్వని కాలుష్యం (Noise Pollution)

శబ్దతరంగాలు చెవిని సోకివినిపించడాన్ని శబ్దం లేదా ధ్వని (Noise) అంటారు. 'నాయిస్' (Noise) అన్న పదం 'నౌసియా' (Nausea) అనే లాటిన్ పదం నుంచి ఉత్పత్తి అయింది. సాధారణంగా అనవసరపు, అసమ్మతమైన, విపరీతమైన, శ్రావ్యయోగ్యం కాని అసహ్యమైన శబ్దాలను 'ధ్వనులు' అంటారు. అయితే వినటానికి యోగ్యమైన శబ్ద తరంగాలను కూడా 'ధ్వని' అనే అంటారు. పర్యావరణంలో కాని సమయంలో (Wrong time), కాని స్థలం (Wrong place) లో అనవసరపు సందడి, చప్పుడు విడుదలై, జీవుల ఆరోగ్యం పాడుచేసే ధ్వనులను "ధ్వని కాలుష్యం" (Noise pollution) అంటారు.

పూర్వకాలం ధ్వనికాలుష్యం లేనే లేదు. పారిశ్రామిక విప్లవం తర్వాత, పరిశ్రమల చుట్టూ ఉండే పరిసరాలలో మాత్రమే ధ్వనికాలుష్యం కొంత వరకు ఉండేది. ప్రస్తుతం అధిక జనాభా, పట్టణాభివృద్ధి, అదుపులేని పరిశ్రమల పెరుగుదల, రోడ్లపై క్రిక్కిరిసిన వాహనాలు, విద్యుత్ ఉపచారాలు (Electrical entertainments) మొదలైన ఉపద్రవాల వల్ల ధ్వని కాలుష్యం మితిమీరి పోయింది. అంతే కాకుండా మత సంబంధమైన, సామాజిక పరమైన కార్యక్రమాలలో, దూరశ్రవణ యంత్రాలు (Loud-speakers), టేపు రికార్డర్‌లు, గ్రామ్‌ఫోన్ రికార్డర్‌లు, బాజా-భజంత్రీ వాయిద్యాలు మొదలైన వాటి వినియోగం వల్ల కూడా శబ్ద కాలుష్యం అధికమవుతుంది.

ధ్వని వనరులు (Sources of Noise) :

దాదాపు 100 సంవత్సరాల క్రితం నుంచీ ధ్వని కాలుష్యం తీవ్రస్థాయికి చేరింది. సహజంగా ఉరుముల వల్ల అధికంగా ధ్వని ఉత్పత్తి అవుతుంది. మానవుని కార్యకలాపాల వల్ల కృత్రిమంగా వివిధ ధ్వనుల ఉత్పత్తి అవుతున్నాయి. పట్టణ ప్రాంతాలలో పరిశ్రమలు, యంత్రాలు, ట్రక్కులు, మోటార్లు, బస్సులు, పోలీసువాహనాలు, అగ్నిమాపక యంత్రాలు, రైళ్ళు, విమానాలు, ఉపగ్రహాల నుండి వెలువడిన ధ్వనులు ధ్వనికాలుష్యానికి దోహదం చేస్తున్నాయి. ఇంతే కాకుండా సైరన్‌లు (sirens), హారన్‌లు (horns), సంగీతవాయిద్యాలు, (Musical instruments), టెలివిజన్ (T.V.) లు, రేడియోలు, ట్రాన్సిస్టర్‌లు, టెలిఫోన్లు, కుక్కల అరుపులు, దూరశ్రవణ యంత్రాలు (Loud speakers), ఫ్యానులు (fans), మిక్సర్‌లు (mixers), ఆవిరివంట పాత్రలు (pressure cookers), ఎయిర్ కండిషనర్స్ (Air conditioners), వాషింగ్ మిషన్లు (Washing Machines), వాక్యూమ్ క్లీనర్స్ మొదలైన గృహోపకరణాల ద్వారానూ, ఇతర వనరుల ద్వారానూ ధ్వనికాలుష్యం విపరీత స్థాయిని చేరింది. యూరోపియన్ ఎకనామిక్ కమ్యూనిటి (E.E.C.) వారి సర్వేలో 48% రవాణా సంబంధ వనరులు, 30% పారిశ్రామిక వనరులు, 2% ఆకాశయాన వనరులు, 20% ఇతర వనరుల ద్వారా ధ్వనికాలుష్యం ఉత్పన్నమవుతుందని తేలింది (Large, 1977). పై విధంగా ప్రతీ పది సంవత్సరాల కాలంలో పర్యావరణ ధ్వని కాలుష్యం రెండింతలై పెరుగుతుంది.

ధ్వని కొలత (Measurement of Noise) :

ధ్వని తరంగాల పౌనఃపున్యం (Frequency) పై ధ్వని తీవ్రత ఆధారపడి ఉంటుంది. ధ్వని తీవ్రతను డెసిబెల్ (dB) ప్రమాణాలలో కొలుస్తారు. ఈ ప్రమాణాలను ఎ.గ్రాహమ్‌బెల్ (A.Graham

Bell) ఆవిష్కరించాడు. 'డెసి' అనే పదానికి = 10 అని అర్థం. అదే విధంగా 'బెల్' అనే పదానికి గ్రాహమ్‌బెల్ అని అర్థం. వినియోగ్యమైన ధ్వని (Softest audible sound) కీ, వివిధ తీవ్రతలలో నున్న ధ్వనులకు గల-నిష్పత్తిని 'డెసిబెల్' అంటారు. సాంకేతికపరంగా 0.0002 మైక్రోబార్‌ల (0.0002 microbars) కు సమానమైన ధ్వని ఒత్తిడి (Sound pressure) ని ఒక 'డెసిబెల్' అంటారు. అంటే ఒక డెసిబెల్ సమానం dynes cm^{-2} లేదా 10^{-16} వాట్ల శక్తి (energy of about 10^{-16} watts) అని అర్థం. కఠోర ధ్వనుల తీవ్రతను లాగరిథిమిక్ స్కేలు (Logarithimic Scale) తో సాధారణంగా కొలుస్తారు. అందువల్ల ధ్వనిని కొలిచే 'డెసిబెల్' ప్రమాణాలను ఈ క్రింది సమీకరణంలో చూపించవచ్చు.

$$dB = 10 \times \log 10 \frac{I}{IO}$$

నోటు :- dB = డెసిబెల్, I = ధ్వని తీవ్రత (Sound intensity)

IO = వినయోగ్యమైన ధ్వని (Softest audible sound)

వినిపించటానికి అవసరమైన ధ్వని స్థాయి విలువ సాధారణంగా dB=0 ఉంటుంది. ఉదాహరణకు 20dB ల ధ్వని, సాధారణంగా వినిపించే ధ్వని కంటే 1,000,000 రెట్లు కఠోరంగా ఉంటుంది. 0dB, 1dB ల మధ్య గల ధ్వనిని బలహీనమైన ధ్వని అంటారు. ఈ ధ్వనిని సాధారణ మనిషి వినగలడు. దీనిని సరాసరి ధ్వని అంటారు.

పట్టిక 5(v).1 ధ్వని వనరులు - వాటి తీవ్రతలు

నెం.	ధ్వని వనరులు	ధ్వని తీవ్రత డెసిబెల్ ప్రమాణాలలో (dP
1.	శ్వాసక్రియ	10
2.	రాలిపడిన ఎండుటాకుల ధ్వని	10 - 15
3.	ఆకాశవాణి కేంద్రం - (రేడియో ప్రసార కేంద్రము)	20
4.	రహస్యపు మాటలు	20 - 30
5.	గడియారపు చప్పుడు	30
6.	గ్రంథాలయం	30 - 35
7.	తక్కువ స్థాయిలో రేడియో ధ్వని	35 - 40
8.	సాధారణ సంభాషణ	35 - 60
9.	సాధారణ టెలిఫోన్ ధ్వని	60
10.	20 అడుగుల దూరంలో ఎయిర్‌కండిషనింగ్ యూనిట్	60
11.	రెస్టారెంటు చప్పుడు	60 - 70
12.	కార్యాలయం చప్పుడు	60 - 80
13.	పిల్లల ఆటలచప్పుడు	60 - 80
14.	లాన్ (పచ్చిక బయలు) మూవర్ చప్పుడు	60 - 80

15.	అలారం మోగిన గడియారం	70 - 80
16.	వాక్యూమ్ క్లీనర్	80
17.	ప్రయాణీకుల సందడి	50 - 90
18.	50 అడుగుల దూరంలో ఉన్న భర్తీ చేసిన ట్రక్కు	90
19.	Sports Car	80 - 95
20.	అరవటం	100
21.	వార్తాపత్రికల అచ్చు యంత్రం	100
22.	మోటారు సైకిలు	105
23.	జెట్ విమానం 1000 అడుగుల ఎత్తులో	105 - 110
24.	సింహ గర్జన 12 అడుగుల దూరంలో	105 -110
25.	మేఘాల గర్జన	110
26.	రైలు కూత - 50 అడుగుల దూరంలో	110
27.	స్టీరియో చప్పుడు (Stereos in discotheques)	110 - 117
28.	విమానాలు 100 అడుగుల దూరంలో	110 - 120
29.	వాయు ఒత్తిడి (Pneumatic drills)	110 - 120
30.	జెట్ విమానం ప్రారంభధ్వని 300 అడుగుల దూరంలో	120
31.	వాణిజ్య జెట్ విమానం 100 అడుగుల దూరంలో	120 - 140
32.	సైరన్‌లు (Sirens)	150
33.	రాకెట్ - ప్రారంభ ధ్వని	170 - 180

ప్రపంచ ఆరోగ్య సంస్థ (WHO) వారు గరిష్టధ్వని స్థాయిని పగటి పూటకు 45dB అనీ, రాత్రిపూటకు 35dB ఉండవచ్చునీ 80dB దాటినపుడు ధ్వనికాలుష్యం ఏర్పడుతుందని ధృవీకరించారు.

పట్టిక 5(v).2 సమ్మతించదగిన ధ్వని స్థాయిలు

నెం.	ధ్వని వనరులు	ధ్వనిస్థాయి (dB) ప్రమాణాలలో
1.	స్పష్టంగా వినుపించే ధ్వని	10
2.	గృహాలలో ధ్వని	25 - 40
3.	రేడియో కేంద్రాలలో ధ్వని	30
4.	ఆస్పత్రి వార్డులు	20 - 35
5.	విద్యాసంస్థలు, గ్రంథాలయాలు	30 - 45
6.	పారిశ్రామిక వర్క్‌షాప్‌లు, ప్రయోగశాలలు	40 - 60
7.	వాణిజ్యకేంద్రాలు, సభలు, రెస్టారెంట్‌లు	50 - 60

మానవుని మీద ధ్వనికాలుష్యం - ప్రభావం
(Effects of Noise pollution on human beings)

మానవునిపై ధ్వని కాలుష్య ప్రభావాలు ముఖ్యంగా రెండు రకాలుగా ఉంటాయి. అవి
1. శ్రవణ సంబంధమైన ప్రభావాలు
2. శ్రవణ సంబంధంకాని ప్రభావాలు

.. శ్రవణ సంబంధమైన ప్రభావాలు (Auditory Effects) :

ధ్వని కాలుష్యం వల్ల శ్రవణ సంబంధమైన ప్రభావాలు రెండు రకాలుంటాయి. అవి.
ఎ) శ్రవణంలో అలసట. బి) చెవిటితనం.

ఎ) శ్రవణంలో అలసట (Auditory fatigue) :

90dB తీవ్రత గల ధ్వనులు వ్యాపించినపుడు చెవులలో గింగురుమనే, కీచుమనే ధ్వనులు పుట్టి ధ్వనులు చక్కగా వినిపించవు. ఈ కాలుష్యం వల్ల ధ్వని వినటంలో పూర్తిగా అలసట ఏర్పడుతుంది.

బి) చెవిటితనం (Deafness) :

ఎడతెరిపి లేని ధ్వని కాలుష్యం వల్ల చెవులు ధ్వనిని వినే సామర్థ్యాన్ని కోల్పోతాయి. తర్వాత పూర్తిగా చెవిటితనం సంభవిస్తుంది. ఈ చెవిటితనం కొంతకాలమే కాని లేదా శాశ్వతంగా గాని ఉండవచ్చు. 4000 నుండి 6000hz. పౌనఃపున్యం (frequency) గల ధ్వనిలో తాత్కాలిక చెవిటితనం ఏర్పడవచ్చు. 240dB ధ్వనికాలుష్యంలో శాశ్వత చెవిటితనం రావచ్చు. శాశ్వత చెవిటితనం రావటానికి ముందు, వెంట్రుకలు చెవిగూబ మొదలైనవి దెబ్బతిని, మెదడుకు శబ్ద తరంగాలు అందించే భాగాలు చెడిపోతాయి. పరిశ్రమలలో పనిచేసే కార్మికులకు తరచుగా శాశ్వత చెవిటితనం వస్తుంది. ఈ వ్యాధిని 'ఆక్యుపేషనల్ హియరింగ్ లాస్' (Occupational hearing loss) అంటారు. ఇంటర్నేషనల్ స్టాండర్డ్స్ ఆర్గనైజేషన్ (ISO) వారు వారానికి 40 గంటలు విధిగా 90dB ధ్వని కాలుష్యానికి గురైనపుడు వినేసామర్థ్యాన్ని కోల్పోతారని సిఫారసులు చేశారు. 160dB స్థాయిలో నున్న ధ్వని కాలుష్యంవల్ల టింపానిక్ త్వచం (tympanic membrane) పగిలి పోయి శాశ్వత చెవిటితనం ఏర్పడుతుంది. డా॥ ఓకె (DR. Oke), బొంబాయి గారు ధ్వని కాలుష్యం ఇదే రీతిలో పెరిగినట్లైతే 21 వ శతాబ్దం నాటికి జీవులన్నీ శ్రవణ సామర్థ్యాన్ని కోల్పోగలవని హెచ్చరించారు (1986). భారతదేశంలో కలకత్తా, బొంబాయి వంటి మహానగరాలు ఇంచుమించు పూర్తి ధ్వని కాలుష్యానికి చేరువయ్యాయి.

2. శ్రవణ సంబంధం కాని ప్రభావాలు (Non-auditory Effects) :

శ్రవణ సంబంధంకానిధ్వని ప్రభావాలు 4 రకాలు. అవి -
ఎ) ఉపన్యాస ప్రసంగంలో అవరోధాలేర్పడటం.
బి) చికాకు కలిగించడం
సి) పని సామర్థ్యం తగ్గటం
డి) శరీరధర్మ వికాసం తగ్గటం

ఎ) ఉపన్యాస ప్రసంగంలో అవరోధాలేర్పడటం
(Interference with speech communication) :

300 నుంచి 500hz ఫ్రీక్వెన్సీ వద్ద 50 dB నుండి 60 dB తీవ్రత గల రోడ్డు రద్దీ ధ్వని, ఉపన్యాసాలకు, పక్కనే ఉన్న పాఠశాలలకు, కళాశాలలకు అవరోధాలేర్పడి ఏ విషయం చక్కగా వినబడదు. ఉపన్యాసపు ధ్వని తీవ్రత, కాలుష్యపు ధ్వని తీవ్రత సమానంగా నున్నపుడు 30% ఉపన్యాసాన్ని మాత్రమే వినగలము.

బి) చిరాకు కలిగించడం **(Annoyance) :**

దాదాపు 80% ప్రజలు రోడ్డు రవాణా వాహనాల చప్పుడుకు, రేడియో చప్పుడుకు, ఇంకా తక్కువ స్థాయి ధ్వనులకు కూడా చాలా చికాకు పడుతుంటారు. అప్పుడప్పుడు ఈ వ్యర్థపు ధ్వనులచే ఇరు పక్షాలు వాగ్యుద్ధాలకు, ఘర్షణలకు దిగిన పరిస్థితులు కోకొల్లలుగా ఉంటాయి. ఈ ధ్వనులు ప్రధానంగా మానసిక సంబంధమైన నరాల మీద ప్రాథమిక ప్రభావాన్ని చూపిస్తాయి. ధ్వని కాలుష్యం వల్ల 100% ప్రజలు కొద్దో, గొప్పో మానసిక అస్థిరత్వానికి (Mental disorientation) గురి అవుతారని, మానసిక శాస్త్రవేత్తలు (Psychologists) వారి పరిశోధనలలో వెల్లడించారు. అయితే శ్రావ్యమైన సంగీత ధ్వనులు మానసిక నిరుత్సాహ వంతులను కూడా ఆహ్లాదపరుస్తాయి.

సి) పని సామర్థ్యం తగ్గటం **(Detraction of working efficiency) :**

ధ్వని కాలుష్యం వల్ల మానసిక సామర్థ్యం (Mental ability) తో సంబంధమైన పనులలో నిమగ్నమైన ప్రజలు తీవ్ర ఆటంకాలకు గురై, చివరకు పనులను అర్థాంతంగా నిలిపివేసే స్థితి కూడా ఏర్పడుతుంది. ధ్వని కాలుష్యం వల్ల ముఖ్యంగా మానసికమైన నీరసం, ఆయాసం, అస్థిరత్వం మొదలైన అవలక్షణాలు ఏర్పడి పనిసామర్థ్యం పూర్తిగా తగ్గిపోతుంది.

డి) శరీరధర్మ వికాసం తగ్గటం **(Physiological Responses) :**

ధ్వని కాలుష్యం వల్ల జీవుల దేహాలలో జీవక్రియా విధులు సరిగా నిర్వహించబడక నరాల బలహీనత (Neurosis), వ్యాకులత (anxiety), మైకంచే తిప్పటం (giddiness), అలసిపోవటం (fatigue), నిద్రలేమి (insomnia), ఉద్రిక్తత (emotional stress), చెమటలు పుట్టటం (increasing in sweating), హైపర్ టెన్షన్ (hypertension), టాచీకార్డియో (Tachycardia), వికారం (Nausea), హెపాటిక్ వ్యాధులకు సంబంధించిన దుష్పరిణామాలు సంభవించవచ్చు. ధ్వని కాలుష్యం వల్ల దృష్టి సంబంధమైన దుష్పరిణామాలు కూడా సంభవించవచ్చు. కంటిపాప దెబ్బతిని రంగులను సరిగా గుర్తించలేకపోవటం, రేచీకటి మొదలైన కంటి వ్యాధులు వస్తాయి. ధ్వని కాలుష్యం వల్ల మానసిక, భౌతిక, రసాయనిక విధానాలలో మార్పు జరిగి ఆరోగ్యం దెబ్బతింటుంది. ఎడతెరిపి లేని దీర్ఘకాలికమైన ధ్వనికాలుష్యం వల్ల, శ్వాసక్రియలో, రక్త ప్రసరణలో, చర్మం ఉష్ణోగ్రతలో, కడుపులో కూడా మార్పులు ఏర్పడి అనూహ్యమైన దుష్పరిణామాలు సంభవించే అవకాశాలున్నాయి. అధిక తీవ్రత గల ధ్వనికి గురైన కార్మికులు రెండింతలు హైపర్ టెన్షన్‌కు లోనై చివరకు పెప్టిక్ అల్సర్లు ఏర్పడతాయని సోవియట్ శాస్త్రవేత్తల పరిశోధనలు వెల్లడించాయి (Singh, 1984).

పట్టిక 5(v).3 మానవుని ఆరోగ్యంపై ధ్వని కాలుష్య తీవ్రత - పరిణామాలు

నెం.	ఆరోగ్యంపై ప్రభావం	ధ్వనికాలుష్య తీవ్రత (dB) ప్రమాణాలు
1.	చికాకు (Annoying)	80 dB
2.	వినే సామర్థ్యం దెబ్బతినటం (8 గం॥)	90 dB
3.	ఎక్కువ విసుగు (Very Annoying)	95 dB
4.	చర్మం ధ్వనిచే ప్రేరేపించబడటం	110 dB
5.	వాంతులు, వికారం, మైకం	135 dB
6.	చెవిలో నొప్పి, పిచ్చెక్కినట్లుండటం	140 dB
7.	చర్మం మండటం	150 dB
8.	టింపానిక్ త్వచం పగలటం	160 dB
9.	చెవిటితనం	180 dB

పట్టిక 5(v).4 అనివార్యమైన పరిస్థితిలో సిఫారసు చేసిన ధ్వని తీవ్రత

నెం.	రోజుకు సిఫారసు చేసిన ధ్వని కాలుష్యం గంటలలో (Duration of exposure)	ధ్వని తీవ్రత (Noise intensity)
1.	8.0	90 dB
2.	6.0	92 dB
3.	4.0	95 dB
4.	3.0	97 dB
5.	2.0	100 dB
6.	1.5	102 dB
7.	1.0	105 dB
8.	0.5	110 dB
9.	0.25	115 dB

ధ్వని వేగం కంటే అధికవేగంతో వెళ్ళే సూపర్ సోనిక్ విమానాలు (Supersonic aeroplanes) ముఖ్యంగా ధ్వనికాలుష్యాన్ని ఉద్భృతం చేస్తాయి. దీని మూలంగా సోనిక్‌బూమ్ (Sonic boom) అనే తీవ్రమైన తరంగఘాతం (Shock wave) ఏర్పడుతుంది. ఈ సోనిక్‌బూమ్ ధ్వని వల్ల ఉలికిపాటు ధ్వని (startle) ఉధృతంగా ఏర్పడి ప్రశాంత పర్యావరణాన్ని భంగపరుస్తుంది. సోనిక్‌బూమ్ వల్ల ఉత్పన్నమైన ధ్వని దాదాపు 16 నుండి 128 కి.మీ. విస్తీర్ణం వ్యాపించగలదు. సోనిక్‌బూమ్ ధ్వని భూమికి చేరినపుడు కిటికీలు, తలుపులు దద్దరిల్లి, పశువుల పాకలు, పూరిగుడిసెలు, భవనాలు కూడా దెబ్బతింటాయి. ఈ ఉలికిపాటు ధ్వని వల్ల గర్భంలోని శిశువులకు గుండె కొట్టుకొనే వేగం పెరుగుతుంది. కండరాలు సంకోచ,వ్యాకోచాలు చెందుతాయి. గర్భస్థ శిశువులకు ఇది ఒక శాపంగా కూడా మారవచ్చు.

ధ్వని కాలుష్యం -నిర్మూలన పద్ధతులు (Control of Noise pollution) :

ధ్వని కాలుష్యం వల్ల ఆరోగ్యసంబంధమైన విషయాలలో తీవ్ర పరిణామాలు ఏర్పడగలవు. అందువల్ల ధ్వని కాలుష్యాన్ని అదుపు చేయటానికి తగిన సాధారణ చర్యలను, చట్ట సంబంధమైన నిర్బంధాలను క్రమపరచవలసిన అవసరముంది. ధ్వని కాలుష్యం సత్వర నివారణకు ముఖ్యంగా ఆరు పద్ధతులున్నాయి. అవి.

1. ధ్వని ఉత్పన్నమయ్యే ఆధారాల పరిధిలోనే నివారించడం.
2. ధ్వని కాలుష్య ప్రసారాన్ని నివారించడం.
3. ధ్వని కాలుష్యానికి గురవుతున్న కార్మికులకు రక్షణ కల్పించడం.
4. శబ్దగ్రహణ శక్తి గల వృక్షాలను పెంచడం
5. శాసనాలు (చట్టం) ఏర్పరచటం
6. విద్య

1. ధ్వని ఉత్పన్నమయ్యే ఆధారాల పరిధిలోనే నివారించడం (Control of Noise at Sources) :

ధ్వని కాలుష్యానికి పాల్పడే విమానాలలో, రవాణా వాహనాలలో, పారిశ్రామిక యంత్రాలలో, సినిమా హాళ్లల్లో, ఇతర గృహోపకరణాలలో శబ్దగ్రహణ యంత్రాల (Silencing devices) ను అమర్చి ధ్వనికాలుష్యాన్ని నిర్మూలించవచ్చు. ధ్వనికాలుష్యానికి పాల్పడే యంత్రాలను వేరుపరిచి వాటికి ప్రత్యేక స్థలాలను కేటాయించి నడపడం ద్వారా కూడా కొంతవరకు ధ్వని కాలుష్యాన్ని అదుపు చేయవచ్చు.

2. ధ్వని కాలుష్య ప్రసారాన్ని నివారించడం (Control of transmission of Noise) :

ధ్వనిని గ్రహించగల పదార్థాలతో నిర్మితమైన ఫలకాలను (tiles) రూపకల్పన చేసి వాటితో పారిశ్రామిక యంత్రాలు గల భవన సముదాయాలకు గోడలు, పైకప్పును నిర్మించినట్లైతే ధ్వని వ్యాప్తిని అరికట్టవచ్చు.

3. ధ్వని కాలుష్యానికి గురవుతున్న కార్మికులకు రక్షణ కల్పించడం (Protection of exposed persons) :

150 hz లేదా ఆపైన పౌనఃపున్యం (frequency) తో 85 dB తీవ్రత గల ధ్వనికాలుష్యాన్ని ఉత్పత్తి చేసే కర్మాగారాలలోనూ విమానాలలోనూ పనిచేసే కార్మికులకు, తత్సంబంధమైన సిబ్బందికి చెవి బిరడాలు (Ear plug), చెవిగంతలు (ear muff) మొదలైన సాధనాలకు విధిగా ధరింపజేసి వారిని ధ్వని కాలుష్యం నుంచి రక్షించవచ్చు.

4. శబ్దగ్రహణ శక్తి గల వృక్షాలను పెంచడం (Creation of Vegetation buffer zone) :

ధ్వనికాలుష్యాన్ని గ్రహించి హరించగల అశోకము *(Saraca inidca)*, వేప *(Azadirachta indica)*, చింత *(Tamarindus indica)*, మామిడి *(Mangifera indica)*, కొబ్బరి *(Cocos nucifera)* వంటి మొక్కలను రహదారుల వెంబడి, గృహసముదాయాల చుట్టు, పరిశ్రమల చుట్టూ విధిగా నాటడం వల్ల చెప్పుకోదగ్గ ధ్వని కాలుష్యం అదుపు చేయబడి పర్యావరణ నాణ్యత పెరుగుతుంది.

5. శాసనాలు (చట్టం) ఏర్పరచటం (Legislation) :

చట్టాల ద్వారా పాఠశాలలు, ఆస్పత్రి పరిసరాలలో ధ్వని ఉత్పాదక చర్యలను నిరోధించి నిశ్శబ్ద వాతావరణాన్ని కల్పించవచ్చు. జన సమ్మర్థంగల పట్టణ కేంద్రాలలో భారీ వాహనాలను, మత సంబంధమైన సభలలో వాడే దూర శ్రవణ యంత్రాలను (Loud Speakers) చట్టాల ద్వారా అదుపు చేసి ధ్వని కాలుష్యాన్ని నిర్మూలించవచ్చు. సైలెన్సర్ లేని వాహనాలను, అనవసరపు సంగీత వాయిద్యాలను నిరోధించడానికి తగిన చట్ట సంబంధమైన నిబంధనలను విధించి కాలుష్యాన్ని అదుపు చేయవచ్చు. ధ్వని కాలుష్యానికి కారకులైన వారికి, బాధ్యులైన వారికి చట్టరీత్యా తగిన శిక్ష, జరిమాన విధించాలి. ధ్వని కాలుష్యానికి గురైన వారికి తగిన నష్టపరిహారం చెల్లించటానికి తగిన చట్టాలున్నట్లైతే కాలుష్య నివారణ జరుగుతుంది.

లండను నగరంలోని హీత్రో (Heathrow) విమానాశ్రయంలో జరిపిన సర్వే ప్రకారం విమానాశ్రయం చుట్టూ ప్రదేశాలలో నివసించే ప్రజలు మానసిక జబ్బుల (mental illness) చే బాధపడుతున్నట్లు, దూరప్రాంతాల ప్రజలు మానసిక జబ్బులు లేకుండ ఉన్నట్లు తేలింది. భారత రాజధాని ఢిల్లీ మహానగరంలో ధార్యాగంజ్, చాందీచౌక్, కరోల్ బాగ్, సబ్జీమండి మొదలైన ప్రాంతాలలో 90 dB తీవ్రతలో ధ్వని కాలుష్యం ఉండడం వల్ల అక్కడి ప్రజలు చాలా వరకు ధ్వని వినే సామర్థ్యం కోల్పోయినట్లు 1985లో జరిపిన N.P.L. సర్వేలో వెల్లడయ్యింది. ప్రస్తుతం వాడుకలోనున్న చట్టాలు చాలా తక్కువ. క్లాజ్ 5.9 ఢిల్లీ మోటారు వెహికిల్ రూల్స్ ప్రకారం ఢిల్లీలోని వాహనాలు కదలికలో నున్నపుడు ధ్వని ఉత్పాదన లేకుండా ఉండాలి, ప్రతీ వాహనం విధిగా సైలెన్సర్ ఉన్న యంత్రాన్ని వాడాలి. భారత ప్రభుత్వం వారు ధ్వని కాలుష్య నివారణ చట్టాన్ని (Noise pollution control act) ప్రవేశపెట్టి పట్టణ ప్రాంతాలలో ధ్వని కాలుష్యం కాకుండా తగిన చర్యలు తీసుకోవాలి. అధునాతన దేశాలలోఇది వరకే ధ్వని కాలుష్య నివారణకు అనేక చట్టాలున్నాయి. వీటిలో 'సిటీ నాయిస్ కంట్రోల్ కోడ్' (City Noise Control Code) చాలా ముఖ్యమైంది. ఈ చట్టం ప్రకారం ధ్వని కాలుష్యానికి పాల్పడ్డ వారు శిక్షార్హులు. 1979లో మధ్యప్రదేశ్ హైకోర్టు వారు, పురపాలక సంఘం వారికి ధ్వని కాలుష్య సంబంధమైన అనారోగ్యాల నిర్మూలనకు తగిన సౌకర్యాలు కల్పించాలని ఆదేశించడం జరిగింది (Patriot, December, 3, 1984). ఇదే విధంగా 1982లో త్రివేంద్రం మున్సిఫ్ కోర్టు వారు ధ్వని కాలుష్య నివారణ చర్యల గురించి రాష్ట్ర ప్రభుత్వానికి, పోలీసు శాఖ వారికి ఉత్తర్వులు (Orders) జారీ చేశారు.

6. విద్య (Education) :

ధ్వని కాలుష్య నివారణకు విద్య చాలా ఉత్తమమైన సాధనం. ప్రాథమిక స్థాయి పాఠశాలల నుంచి ఉన్నతస్థాయి కళాశాలల వరకు ధ్వనికాలుష్యం, పరిణామాలు, నివారణ పద్ధతులు మొదలైన విషయాలను స్థాయిని బట్టి పాఠ్యాంశాలుగా నిర్దేశించినట్లైతే విద్యార్థి లోకానికి ధ్వని కాలుష్య సమస్యలు పూర్తిగా అవగాహన అవుతాయి. ధ్వని కాలుష్యం గురించి పలు సమస్యలను, నివారణ పద్ధతులను వ్యాసాల ద్వార స్పష్టంగా విశదపరచడానికి దినపత్రికలు, వారపత్రికలు, పక్షపత్రికలు, మాసపత్రికల వారు విరివిగా కృషి చేయాలి. టెలివిజన్ (T.V.), రేడియో వంటి ప్రసార సాధనాల ద్వారా ధ్వని కాలుష్య సంబంధమైన పలువిషయాలను ఉపన్యాసాల రూపంలో ప్రసారాలు చేసి ధ్వని కాలుష్య నివారణ పద్ధతులను ప్రజలకు తెలియపరచాలి. సినిమా హాళ్లల్లో ధ్వని కాలుష్యం, నివారణ చర్యలను న్యూస్ రీళ్ళల్లో (News

reels)ప్రదర్శనలు జరపాలి. దీనివల్ల పామరుల నుంచి పండితుల వరకు, అన్ని రకాల ప్రజలకు ధ్వని కాలుష్యం - సంబంధిత వివరాలు తెలిసిపోతాయి. అయితే ధ్వని కాలుష్య నివారణ చర్యలకు తగిన ప్రోత్సాహకాలను ప్రభుత్వాలు కల్పించాలి. ప్రతి పౌరుడు తన వంతు బాధ్యతగా ధ్వని కాలుష్యాన్ని పరస్పర సహకారంతో ఎదుర్కొని నిర్మూలించవచ్చు.

5 (vi) మనిషి మీద, సంఘం మీద పర్యావరణ కాలుష్య ప్రభావం

ఆది మానవుడు అవసరాలను బట్టి పరిసరాలను తగిన విధంగా వినియోగించుకొని క్రమంగా సంఘజీవనం సాగించాడు. అప్పటి నుంచి మానవుడు స్వచ్ఛమైన నీటి సరఫరా వ్యవస్థ, పారిశుద్ధ వ్యవస్థలను సక్రమంగా నిర్వహించి, సత్వర కాలుష్య నివారణ చర్యలను చేపట్టినట్లు చరిత్రాధారాలు తెలుపుతున్నాయి. దీని మూలంగా ఆది మానవుడు కూడా కాలుష్య ప్రభావాన్ని గురించి క్షుణ్ణంగా అర్థం చేసుకొని తగిన నివారణ చర్యలు అప్పటికప్పుడు తీసుకున్నాడని తెలుస్తోంది. మొహంజోదారో, రోమ్ వంటి నగర శిధిలాల ద్వారా పురాతన నాగరికత కాలుష్య నివారణ చర్యలు వ్యక్తమవుతున్నాయి. భారత దేశంలో ఆర్యులు కాలుష్య నివారణకు పటిష్టమైన కార్యక్రమాలు చేపట్టినట్లు చరిత్ర ద్వారా విశదమవుతుంది.

ఆధునిక మానవుడు కొన్ని దశాబ్దాల కాలం నుంచీ అడవులను నరకటం, పట్టణాలు నెలకొల్పటం, వ్యవసాయాన్ని అభివృద్ధి పరచటం, పరిశ్రమల స్థాపన, అణు శక్త్యాగారాలను నెలకొల్పటం, సాంఘిక, రాజకీయ, సాంస్కృతిక పరమైన అభివృద్ధి వంటి అనేక కార్యక్రమాలను చేపట్టి అనుకున్న లక్ష్యాన్ని అధిగమించి సఫలీకృతుడవుతున్నాడు. ఈ అభివృద్ధి సాధనలో వివిధ రకాల ఉప-ఉత్పాదనలు కాలుష్యకాల రూపంలో వెలువడి, తీరని పర్యావరణ కాలుష్యానికి సోపానం వేసి, మానవుని మనుగడకే ముప్పును సూచిస్తున్నాయి.

ప్రస్తుతం పట్టణాలలో, మహానగరాలలో వ్యవసాయ విధానం నుంచి, పరిశ్రమల నుంచి, అణుశక్త్యాగారాల నుండి, గృహ సంబంధ మురికి, వ్యర్థ పదార్థాల నుంచి పలు కాలుష్యకాలు వెలువడి వాయువు, నీటి ప్రవాహాల ద్వారా గ్రామాలకు, పల్లెలకూ క్రమక్రమంగా వ్యాపిస్తున్నాయి. పర్యావరణ వ్యవస్థకు ఎల్లలు, పరిధులు లేనందువల్ల ఒక ప్రదేశంలో ఉత్పన్నమైన కాలుష్యం అదే ప్రాంతానికి పరిమితం కాకుండా అన్ని ప్రాంతాలకు వ్యాపించే ప్రమాదాలుంటాయి. కాబట్టి కాలుష్య సమస్య విశ్వవ్యాప్తమైన, అతి క్లిష్టమైన సమస్యగా పరిణమించింది. ఈ సమస్యను ఎదుర్కోవటానికి ప్రపంచమంతా ముక్త కంఠంతో, ముందడుగు వేసి సమిష్టి కృషి జరపాలి. లేకపోతే పల్లెలు, పట్టణాలు అన్న బేధం లేకుండా యావత్ ప్రపంచానికే కీడు వాటిల్లగలదని శాస్త్రవేత్తలు హెచ్చరిస్తున్నారు.

అభివృద్ధి చెందిన దేశాలతో పాటు అభివృద్ధి చెందుతున్న దేశాలు కూడా కొనసాగిస్తున్న పారిశ్రామికీకరణ (industrialization) ద్వారా ఘన, ద్రవ, వాయు రూపాలలో వెలువడే వివిధ కాలుష్యకాలు పర్యావరణాన్ని కలుషితం చేస్తున్నాయి. అదే విధంగా వ్యవసాయ రంగంలో హరితవిప్లవం (Green revolution) సాధించినప్పటికిని, సరియైన వ్యవసాయ నిర్వాహణ పద్ధతుల లోటు వల్ల వివిధ క్రిమినాశక

చెప్పారా

మందులు నేలలో, నీటిలో కలిసి తీవ్రకాలుష్యానికి గురవుతున్నాయి. నిర్దాక్షిణ్యంగా అడవులను నరికి పట్టణాభివృద్ధి,పారిశ్రామికాభివృద్ధి, వ్యవసాయాభివృద్ధి చేపట్టడం వల్ల వాతావరణంలో అనేక మార్పులు జరిగి అనావృష్టితో భూసారం తగ్గి, నేల క్రమక్షయం వంటి దుష్పరిణామాలు సంభవిస్తున్నాయి. భూములు ఎడారులుగా మారుతున్నాయి. పరిశ్రమలే కాకుండా వివిధ రవాణా వాహనాల ద్వార వెలువడుతున్న హైడ్రోఫ్లోరోకార్బన్‌లు (HFCs), క్రిమిసంహారక మందుల ద్వార వెలువడుతున్న క్లోరోఫ్లోరోకార్బన్‌లు (CFCs) జీవావరణానికి రక్షక కవచమైన ఓజోన్ (O_3) పొరను హరించి వేస్తున్నాయి. అదే విధంగా కార్బన్‌డయాక్సైడ్, కార్బన్ మోనాక్సైడ్, నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లు వాతావరణంలో కల్సి ఉష్ణోగ్రతను పెంచుతున్నాయి. వాతావరణ ఉష్ణోగ్రత పెరిగి ధ్రువాలలో మంచు కరిగి, సముద్రమట్టం పెరిగి తరచు తుఫానులు, వరదలు, పల్లపు ప్రాంతాల ముంపు వంటి అనేక ప్రమాదాలు ఏర్పడనున్నాయి.

వివిధ పరిశ్రమలు, వివిధ వాహనాలు, సంగీత వాయిద్యాల ద్వారా వెలువడుతున్న ధ్వనులు ధ్వని కాలుష్యాన్ని ఏర్పరచి మానవుని ప్రశాంతతకు చావుదెబ్బ తీస్తుంది. ఆధునిక ప్రపంచంలోధ్వని కాలుష్యం పెరుగుదల రేటు ఇదే విధంగా కొనసాగినట్లైతే మహానగరాలలో నివసించే ప్రజలు రానున్న 30 సంవత్సరాలలో చెవిటివారుగా మారటానికి అవకాశాలున్నట్లు ఊహించడం జరిగింది. అణుశక్తి వ్యర్థ పదార్థాల కాలుష్యాన్ని 'చావుదేవత' (Angel of death) అంటున్నారు. ఒక్క అణుబాంబ్ ప్రేలినపుడు వెలువడ్డ కాలుష్యకాలు, యావత్ ప్రపంచాన్ని తృటిలో మసి చేయగలవనటంలో అతిశయోక్తి లేదు. ఈ కాలుష్య సమస్య యావత్ ప్రపంచాన్ని కలచి వేస్తున్న ప్రస్తుత తరుణంలో కేవలం 50% కాలుష్యకాలను మాత్రమే వివిధ యాజమాన్య పద్ధతుల ద్వార పరిశుద్ధ పరచడం జరుగుతోంది. మిగతా 50% కాలుష్యకాలు నేరుగా వాయువులో, నీటిలో, నేలలో కలియడం చాలా దురదృష్టకరం. ఇదే రీతిలో కాలుష్యం పెరుగుదల కొనసాగితే 2000 సంవత్సరాల నాటికి కాలుష్యం స్థాయిని మించగలదు.

ఆర్థికాభివృద్ధికి, భారతదేశంలో పారిశ్రామికీకరణ పెరుగుదల కార్యక్రమాలకు ప్రోత్సాహం పెరుగుతుంది. పారిశ్రామికాభివృద్ధితో పాటు ఘన, ద్రవ, వాయు రూపాలలో కాలుష్యకాలు వెలువడి పర్యావరణ వ్యవస్థను కలుషితం చేస్తున్నాయి. ఈ కాలుష్యాన్ని మనం సాధించిన ఆర్థికాభివృద్ధి ఫలితమని చెప్పక తప్పదు. కలకత్తా డెవలప్‌మెంట్ అథారిటి వారు నేషనల్ ఎన్విరాన్‌మెంటల్ ఇంజినీరింగ్ రిసెర్చి ఇన్స్టిట్యూట్, నాగపూర్ వారి సహాయ సహకారంతో నిర్వహించిన పరిశోధనలో రోజుకు 250 టన్నుల దుమ్ము-ధూళి రేణువులు,75 టన్నుల సల్ఫర్‌డయాక్సైడ్, నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్‌లు, 65 టన్నుల వాహనాల వ్యర్థ పదార్థాలు, గృహ సంబంధ వ్యర్థ పదార్థాలు విడుదలై పర్యావరణ నాణ్యతను కలుషిత చేస్తున్నాయని తేలింది. వాతావరణ కాలుష్యం విషయంలో కలకత్తా, ముంబాయి వంటి నగరాలు, న్యూయార్క్, చికాగో, లండన్ వంటి మహానగరాల స్థాయికి ఎదిగాయి. 3 మిలియన్‌ల జనాభా గల కలకత్తా నగరంలో, పశ్చిమ బెంగాల్‌లో రోజుకు 30 మిలియన్ కిలోల పారిశ్రామిక వ్యర్థ పదార్థాలు, గృహ సంబంధ వ్యర్థ పదార్థాలు వెలువడి పర్యావరణ కాలుష్యానికి దోహదం చేస్తున్నాయి. ముంబాయిలో ఈ కాలుష్యం పరిస్థితి మరీ అధ్వాన్నంగా ఉంది. ఇదే విధంగా ఢిల్లీ, కాన్పూర్, తదితర పారిశ్రామిక కేంద్రాలు కూడా కాలుష్యాన్ని అధికతరం చేస్తున్నాయి. ముంబాయి. కలకత్తా, చెన్నై చుట్టు గల సముద్రం పూర్తి కాలుష్యంతో నిండింది. వివిధ నదులు, సముద్రాలు కాలుష్యానికి గురి కావడం వల్ల చేపలు కాలుష్యానికిలోనై చనిపోతున్నాయి. ఆహారపు గొలుసు ద్వారా మానవునికి అనేక అనూహ్యమైన వ్యాధులు సోకుతున్నాయి.

కలకత్తా నగరం స్వచ్ఛమైన వాయువు కోసం తహతహలాడి పోతుంది. ముంబాయి ప్రజలకు ఊపిరాడటం లేదట. ముంబాయి నుండి బట్టల మిల్లులను వెంటనే ఇతర ప్రత్యేక స్థలాలకు మార్చాలి. రాణి ముంతాజ్ జ్ఞాపకార్థం షాజహాన్ చక్రవర్తి నిర్మించిన "తాజ్‌మహల్ అద్భుత భవనం" (Mousolium) యొక్క కలువ రేకుల తెల్లదనం (Lily White) కాలుష్యంకాటుకు గురై నల్లగా మారి, కాంతివిహీన మవుతూంది. నాగరికత అందానికి మధ్యధరా సముద్రం (Mediterranean Sea) 'పూదోట' వంటిదని అంటారు. అయితే నేటి ఆధునికి నాగరికతే, ఆ పూదోట నాణ్యతను కలుషితం చేసి 'సెస్‌పూల్' (Cespool) గా మార్చి వేసింది. బ్రిటన్‌లోని, 'ది రాయల్ కమీషన్ ఆన్ ఎన్విరాన్ మెంటల్ పొల్యూషన్' (The Royal Commission on Environmental Pollution) వారు బ్రిటన్ వాతావరణ కాలుష్య నివారణకు చేపట్టిన కృషిలో ఒక భాగంగా మధ్యధరా సముద్రాన్ని పరిశీలించి, దాని ప్రశాంతత చెడిపోయి పూర్తి కాలుష్యానికి గురైందని వారి రిపోర్టులో హెచ్చరించారు. U.S.A. లో త్వరితగతిన పెరుగుతున్న పారిశ్రామికీకరణ మోటారు వాహనాలు, అణుశక్త్యాగారాలు ఘన, ద్రవ, వాయు కాలుష్యకాలను విపరీతంగా విడుదల చేసి పర్యావరణ నాణ్యతను ఘాతుకంగా దెబ్బతీస్తుంది.

ఈ విధంగా పర్యావరణ కాలుష్యానికి మానవుడే కారణమై, తత్ ప్రభావానికి మానవుడే బలైపోతున్నాడు. మానవుడు చేపట్టిన వివిధ కార్యకలాపాల ద్వారా వెలువడ్డ విషవాయువులు, పొగ, సిమెంటు, దుమ్ము-ధూళి, గాజు దుమ్ము (glass dust), ఇతర రేణువులు, కిరణధార్మిక పదార్థాలు (radio active fall out), గృహసంబంధ మురికి, వ్యర్థ పదార్థాలు పర్యావరణ కాలుష్యానికి కారణమవుతున్నాయి.

జీవావరణ కాలుష్యం వల్లమానవుడు తన ఆరోగ్య సంబంధమైన విషయాలలో పలు సమస్యలను ఎదుర్కొంటున్నాడు. మొక్కలు, జంతువుల జీవిత విధానాలలో అనేక మార్పులు చోటు చేసుకున్నాయి. ఈ మార్పులను స్పందించిన మానవుడు కాలుష్య నివారణ చర్యలకు ప్రతినబూని సత్వరమే చర్యలు ప్రారంభించాలి. అంతర్జాతీయ పారిశ్రామికాభివృద్ధి, వ్యవసాయానికి ఆటంకం లేకుండ కాలుష్య నివారణకు సమగ్రమైన అనేక పరిశోధనా చర్యలు అత్యవసరంగా ప్రవేశపెట్టాలి. రెండవ చర్యగా జనాభాను సాధ్యమైనంత వరకు తగ్గించాలి. మూడవ చర్యగా కాలుష్య వ్యతిరేక చట్టాలను ప్రవేశపెట్టి కాలుష్యకాల విడుదల రేటును తగ్గించాలి. అన్ని రంగాలలో కాలుష్య వ్యతిరేక సాధనాల (Anti pollution devices)ను పెంచాలి. అయితే ఆ సాధనాలను గురించిన ఉత్తర్వులు (orders) లేనేలేవు. కాలుష్య నిరోధక చట్టాలున్నప్పటికీ వాటిని తూ.చ. తప్పకుండ అమలు పరచడంలేదు. కాలుష్య బాధితులకు సరియైన న్యాయం జరగటానికి కాలుష్యానికి కారకులైన వారికి కఠిన శిక్షలు విధించటానికీ న్యాయ స్థానాలకు అధికారాలుండాలి. దురదృష్టవశాత్తు కాలుష్య ప్రభావాలను, కాలుష్య సమస్యలను తెలిసిన మేధావులు కూడా కాలుష్య సంబంధ విషయాలను అలక్ష్యం చేస్తున్నారు. ప్రజలకు కాలుష్యం గురించి తగినంత పరిజ్ఞానం అందటం లేదు. కాలుష్యం సమస్య తెలిసిన ప్రజలకు సరియైన నివారణ పద్ధతుల అవగాహన, ప్రోత్సాహం, అభిరుచి లేవు. ఐక్యరాజ్య సమితి వారు అనేక మంది శాస్త్రవేత్తలు, సాంకేతిక నిపుణుల వంటి సమర్థుల కృషి ఫలితంగా పర్యావరణ కాలుష్యనివారణ పూర్తిగా జరిగి, సర్వమానవ కళ్యాణానికి శాయశక్తులా కృషి జరుగుతుందని ఆశిద్దాం.

6.

చట్టపరమైన కాలుష్య నివారణ
(CONTROL OF POLLUTION TROUGH LAW)

పారిశ్రామిక విప్లవం (Industrial revolution), హరిత విప్లవాల (Green revolution) ద్వారా మానవుడు ఆర్థిక, సామాజిక, సాంస్కృతిక ప్రయోజనాల సాధనతో పాటు పర్యావరణ కాలుష్యాన్ని కూడా తీవ్ర స్థాయికి చేర్చ గలిగాడు. నేటి పరిసరాల కాలుష్యం తన వికృత ప్రభావాలను చూపిస్తూ జీవావరణానికి గొడ్డలిపెట్టుగా మారి, మానవుణ్ణి వెక్కిరిస్తూ ప్రపంచానికే ఒక సవాలుగా పరిణమించింది. ఈ కాలుష్య నివారణకు కట్టుదిట్టమైన చర్యలను చేపట్టవలసిన కనీస బాధ్యత మానవునిదే. అందువల్ల విశ్వవ్యాప్తంగా మానవుడు కాలుష్య నివారణకు, పరిసరాల పరిరక్షణకు అనేక చర్యలను చేపట్టాడు. ఈ చర్యలలో అత్యంత ముఖ్యమైంది చట్టపరమైన కాలుష్య నివారణ. భారతదేశంలో కాలుష్యనివారణకు, పరిసరాల పరిరక్షణకు కావలసిన అనేక చట్టాలున్నప్పటికీ దురదృష్టవశాత్తు ఏ ఒక్కటి కూడా నిర్దిష్టంగా, పటిష్టంగా అమలుకు రావడం లేదు. ప్రస్తుత తరుణంలో ఈ చట్టాలను సవరించి గాని, అవసరమైతే కొత్త చట్టాలను రూపొందించి గానీ పర్యావరణ కాలుష్యాన్ని నివారించి జీవి మనుగడను మెరుగుపరుస్తారని భావిస్తూ, భారతదేశం 1897 సం॥ నుంచి రూపొందించిన కొన్ని చట్టాలను ఇక్కడ వివరించాము .

భారత పర్యావరణ పరిరక్షణ చట్టాలు
(Acts for protection of Indian Enviornment)

1. ది ఇండియన్ ఫిషరీస్ ఆక్ట్, 1897.
2. ది ఇండియన్ పోర్ట్స్ ఆక్ట్, 1901.
3. ది బెంగాల్ స్మోక్ న్యూసెన్స్(స్) ఆక్ట్, 1905.
4. ది ఎక్స్ప్లోజివ్స్ ఆక్ట్, 1908.
5. ది ఇండియన్ పోర్ట్స్ ఆక్ట్, 1908.
6. ది బాంబే స్మోక్ న్యూసెన్స్ ఆక్ట్, 1912.
7. ది ఇన్ల్యాండ్ స్టీమ్ వెస్సెల్ ఆక్ట్, 1917.
8. ది మైసూరు డిస్ట్రక్టివ్ ఇన్సెక్ట్స్ అండ్ పెస్ట్స్ ఆక్ట్, 1917.
9. ది పర్సన్ ఆక్ట్, 1919.
10. ది పాయిజన్ ఆక్ట్, 1919.
11. ది ఆంధ్రప్రదేశ్ అగ్రికల్చరల్, పెస్ట్ అండ్ డిసీజెస్ ఆక్ట్, 1919.
12. ది ఇండియన్ బాయిలర్స్ ఆక్ట్, 1923.
13. ది వర్క్మెన్స్ కాంపెన్సేషన్ ఆక్ట్, 1923.

14. ది ఇండియన్ ఫారెస్ట్ ఆక్ట్, 1927.
15. ది మోటారు వెహికల్స్ ఆక్ట్, 1938.
16. ది బీహార్ వేస్ట్‌ల్యాండ్స్ ఆక్ట్ (రిక్లాయేషన్, కల్టివేషన్ అండ్ ఇంప్రూవ్‌మెంటు), 1946.
17. ది మైన్స్ అండ్ మినరల్స్ ఆక్ట్ (రెగ్యులేషన్ అండ్ డెవలప్ మెంటు), 1947.
18. ది దామోదర్ వేలీ కార్పోరేషన్ (ప్రివెన్షన్ ఆఫ్ పొల్యూషన్ ఆఫ్ వాటర్) రెగ్యులేషన్ ఆక్ట్, 1948.
19. ది ఫ్యాక్టరీ ఆక్ట్ (పొల్యూషన్ అండ్ పెస్టిసైడ్స్), 1948.
20. ది ఎంప్లాయీస్ స్టేట్ ఇన్సూరెన్స్ ఆక్ట్, 1948.
21. ది ఆంధ్రప్రదేశ్ ఇంప్రూవ్‌మెంటు స్కీమ్స్ ఆక్ట్ (ల్యాండ్ యుటిలైజేషన్), 1949.
22. ది ఇండస్ట్రీస్ ఆక్ట్ (డెవలప్‌మెంట్ అండ్ రెగ్యులేషన్), 1951.
23. ది కలకత్తా మునిసిపల్ ఆక్ట్, 1951.
24. ది మహారాష్ట్ర ప్రివెన్షన్ ఆఫ్ వాటర్ పొల్యూషన్ ఆక్ట్, 1953.
25. ది ఒరిస్సా రివర్ పొల్యూషన్ అండ్ ప్రివెన్షన్ ఆక్ట్, 1953.
26. ది అస్సామ్ అగ్రికల్చరల్ పెస్ట్స్ అండ్ డిసీజ్ ఆక్ట్, 1954.
27. ది ప్రివెన్షన్ ఆఫ్ ఫుడ్ అడల్టరేషన్ ఆక్ట్, 1954.
28. ది యు.పి. అగ్రికల్చరల్ పెస్ట్ అండ్ డిసీజ్ ఆక్ట్, 1954.
29. ది అక్విషన్ ఆఫ్ ల్యాండ్ ఫర్ ఫ్లడ్ కంట్రోల్ అండ్ ప్రివెన్షన్ ఆఫ్ ఇరోషన్ ఆక్ట్, 1955.
30. ది రివర్ బోర్డ్సు ఆక్ట్, 1956.
31. ది ఏన్షియంట్ మాన్యుమెంట్స్ అండ్ ఆర్కియోలాజికల్ సైట్స్ అండ్ రిమెయిన్స్ ఆక్ట్, 1958.
32. ది కేరళ అగ్రికల్చరల్ పెస్ట్స్ అండ్ డిసీజ్ ఆక్ట్, 1958.
33. ది రాజస్థాన్ నాయిస్ కంట్రోల్ ఆక్ట్, 1961.
34. ది అటామిక్ ఎనర్జీ ఆక్ట్ (రేడియేషన్ ప్రొటెక్షన్ రూల్స్, 1971), 1962.
35. ది మేజర్ పోర్ట్ ట్రస్ట్సు ఆక్ట్, 1963.
36. ది గుజరాత్ స్మోక్ న్యూసెన్స్ ఆక్ట్, 1963.
37. ది ఢిల్లీ రెస్ట్రిక్షన్ ఆఫ్ ల్యాండ్ యూజెస్ ఆక్ట్, 1964.
38. ది బీడి అండ్ సిగార్ వర్కర్స్ ఆక్ట్, 1966.
39. ది ఇన్‌సెక్టిసైడ్స్ ఆక్ట్, 1968.
40. ది మహారాష్ట్ర వాటర్ పొల్యూషన్ ప్రివెన్షన్ ఆక్ట్, 1969.
41. తమిళనాడు వాటర్ సప్లై అండ్ డ్రైనేజ్ ఆక్ట్ (ప్రివెన్షన్ అండ్ కంట్రోల్ ఆఫ్ వాటర్ పొల్యూషన్), 1970.
42. ది మర్చంట్ షిప్పింగ్ (అమెండ్‌మెంటు) ఆక్ట్ (హార్బర్ అండ్ కోస్టల్ వాటర్ డంపింగ్ ఆఫ్ ఆయిల్), 1970.
43. ది క్యాటిల్ ట్రెస్‌పాస్ ఆక్ట్, 1971.

44. ది వైల్డ్ లైఫ్ (ప్రొటెక్షన్) ఆక్ట్, 1972.
45. ది వాటర్ (ప్రివెన్షన్ అండ్ కంట్రోల్ పొల్యూషన్) ఆక్ట్, 1974.
46. ది అర్బన్ ల్యాండ్ ఆక్ట్ (సీలింగ్ అండ్ రెగ్యులేషన్), 1976.
47. ది మధ్యప్రదేశ్ గాంధీ బస్తీ క్షేత్ర (సుధార్ తాత నిర్మూలన్ ఆధినియమి), 1976.
48. ది టెర్రిటోరియల్ వాటర్స్, కాంటినెంటల్ షెల్ఫ్, ఎక్స్‌క్లూజివ్ ఎకనామిక్ జోన్ అండ్ అదర్ మారిటైమ్ జోన్ ఆక్ట్, 1976.
49. ది వాటర్ (ప్రివెన్షన్ అండ్ కంట్రోల్ ఆఫ్ పొల్యూషన్) సెస్ ఆక్ట్, 1977.
50. ది వాటర్ (ప్రివెన్షన్ అండ్ కంట్రోల్ ఆఫ్ పొల్యూషన్) అమెండ్‌మెంట్ ఆక్ట్, 1978.
51. ది కోస్ట్ గార్డ్ ఆక్ట్, 1978.
52. ది ఫారెస్ట్ (కన్జర్వేషన్) ఆక్ట్, 1980.
53. ది ఎయిర్ (ప్రివెన్షన్ అండ్ కంట్రోల్ ఆఫ్ పొల్యూషన్) ఆక్ట్, 1981.
54. ది ఫెయిర్‌వేస్ ఆక్ట్, 1981.
55. ది ఎన్విరాన్‌మెంటు (ప్రొటెక్షన్) ఆక్ట్, 1986.

ఇవే కాకుండా పర్యావరణ సంరక్షణ కోసం టార్ట్స్ చట్టం (Law of Torts) లోని I.P.C. సెక్షన్ 268, 269, 272, 277, 278, 284 నుంచి 290, 298, 425, 426, C.P.C. సెక్షన్ 133, 134 రాజస్థాన్ పురపాలక చట్టం, 1959 (Rajasthan Municipal Acts, 1959) లోని సెక్షన్ 220, 222 మొదలైనవి ఎన్నో చట్టాలున్నాయి. అయినప్పటికీ ప్రభుత్వ నిర్లక్ష్య వైఖరి, రాజకీయ నాయకుల, అధికారుల అలసత్వం, ప్రజల సంపూర్ణ సహకారలేమి, ఆర్థిక వనరుల కొరత వంటి అనేక కారణాల వల్ల చట్టపరమైన కాలుష్యనివారణ చర్యలు పర్యావరణ కాలుష్యాన్ని సమర్థవంతంగా నిర్మూలించలేక పోతున్నాయని చెప్పవచ్చు.

పర్యావరణ కాలుష్య నివారణ, గీటు రాయి 1972

స్టాక్‌హోమ్ నగరంలో 1972 సంవత్సరంలో "పర్యావరణ కాలుష్యం" గురించి జరిగిన యునైటెడ్ నేషన్స్ మహాసభ (The U.N. Conference) వల్ల పర్యావరణ సమస్యల గూర్చి అంతర్జాతీయ జనబాహుళ్యానికి కనువిప్పు కలిగింది. కీ॥శే॥ ప్రియతమ ప్రధానమంత్రి శ్రీమతి ఇందిరాగాంధీ ఆ మహాసభ నిర్వాహణలోఅత్యంత కీలకమైన చరిత్రాత్మక పాత్రవహించి అభివృద్ధి చెందుతున్న దేశాలకు పరిసరాల సమస్యల పట్ల, వాటి నివారణ పట్ల ఆసక్తిని రేకెత్తించారు. ఈ సభ వల్ల మొట్ట మొదటి సారిగా పర్యావరణ కాలుష్య నివారణ ప్రణాళికలు పొందుపరచబడి సత్వరనివారణ చర్యల కోసం విశ్వవ్యాప్తంగా ప్రోత్సాహం లభించింది. డిసెంబర్ 1972లో జనరల్ అసెంబ్లీ వారు యునైటెడ్ నేషన్స్ పర్యావరణ ప్రణాళికా సంస్థ (U.N. Environmental Programme) ను రూపొందించి విశ్వవ్యాప్తమైన విస్తృత అధికారాలతో నరోబి (Narobi) నగరాన్ని కేంద్రంగా చేసి స్థాపించారు. అంతర్జాతీయ పరిసరాల ప్రణాళికా విధులను, కర్తవ్యాలను గ్లోబల్ ఎన్విరాన్‌మెంటల్ మోనిటరింగ్ సిస్టమ్ (GEMS), ఇంటర్నేషనల్ ఎన్విరాన్‌మెంటల్ ఇన్ఫర్మేషన్ నెట్‌వర్క్ (INFOTERRA) ద్వారా, యునైటెడ్ నేషన్స్ ఎన్విరాన్‌మెంటల్ ప్రోగ్రాం (UNEP) వార్షిక నివేదికల ద్వారా ఎప్పటికప్పుడు వెల్లడి

చేయబడుతుంటాయి. UNEP వారు ఇంటర్నేషనల్ రిజిస్టర్ ఆఫ్ పొటెన్షియల్లీ టాక్సిక్ కెమికల్స్ (IRPTC)ను స్థాపించి దీనిలో వివిధ కాలుష్యకాల తీవ్రతను ఎప్పటికప్పుడు నమోదు చేసిఅంతర్జాతీయ కాలుష్యకాలను, వాటి పరిమితులను వెల్లడిస్తారు. సముద్ర కాలుష్యం, సముద్ర వనరుల వినియోగం మొదలైన విషయాలలో సముద్ర తీర ప్రాంతం గల దేశాలకు తీరం నుంచి సముద్రంలోకి 12 నాటికల్‌మైళ్ళ (Nautical miles) దూరం మాత్రమే అధికారాలుంటాయని UNEP వారు ఆదేశించారు. అందువల్లనే 1972 సంవత్సరాన్ని పర్యావరణ యాజమాన్య చరిత్రలో గీటురాయిగా భావిస్తారు.

మహావిపత్తులు - పరిణామాలు (Catastropic events and its consequences)

డిసెంబర్ 3, 1984 అర్ధరాత్రిలో జరిగిన భోపాల్ మిథైల్ ఐసోసయనేట్ దురంతం (Bhopal MIC gas tragedy), ఏప్రిల్ 25, 1986 నాడు జరిగిన చెర్నోబిల్ ఆకస్మిక అణు ప్రమాదం (Chernobyl's nuclear accident) మొదలైన మహా విపత్సంఘటనల వల్ల అపారమైన జననష్టం, ధన నష్టమే కాకుండా తీరని జీవావరణ కాలుష్యం ఏర్పడి ఊహించని పరిణామాలకు దారి తీసింది. జీవ-భూ-రసాయన వలయాలలో పెద్ద పెట్టున మార్పులు చోటుచేసుకొన్నాయి. అందువల్ల జీవి మనుగడకు అంతరాయమేర్పడనున్న ఈ తరుణంలో శాస్త్రవేత్తలు, సాంకేతిక నిపుణులు, మేధావులు ప్రభుత్వ పరంగాను, స్వచ్ఛందంగాను పర్యావరణ కాలుష్య సమస్యల పరిష్కారం గురించి ఇదివరకెన్నడూ లేని శ్రద్ధాసక్తులను కనబరుస్తున్నారు. పై విషాద సంఘటనల ప్రభావంగా ప్రస్తుతం నెలకొని ఉన్న పర్యావరణ చట్టాలు (Environmental laws) పర్యావరణ పరిరక్షణకు ఎంతవరకు ఉపయుక్తంగా ఉన్నాయనే ప్రశ్నలు సహజంగానే అందరికీ ఎదురవుతున్నాయి.

భారతదేశంలో పర్యావరణ సమస్యల చట్టాలు, న్యాయ శాస్త్రానుగుణమైన పొందికల పరిణామంలో డూన్‌లోయ రాతిగని సంఘటన (Doon valley quarrying case), ముస్సోరి కొండల సంఘటన (The Mussoorie hills case) గురించి మార్చి 12, 1985 రోజున సుప్రీమ్ కోర్టు ఇచ్చిన తిరుగులేని తీర్పు విశేష ప్రాముఖ్యాన్ని సంతరించుకుంది. ఈ తీర్పును భారతదేశ పర్యావరణ చట్టాల పరిణామంలో (Evolution of Environmental Laws) మొదటి మెట్టుగా భావిస్తారు. మన ప్రియతమ మాజీ ప్రధానమంత్రి శ్రీ రాజీవ్ గాంధీ గారు మే 23, 1986 నాడు భారత రాష్ట్రపతి సమ్మతితో 1986లో పర్యావరణ చట్టాన్ని (Environment act) పర్యావరణ కాలుష్య నిర్మూలనకు గాను రూపొందించారు. ఈ చట్టం రూపకల్పనను పర్యావరణ చట్టాల పరిణామంలో రెండవ మెట్టుగా చెప్పవచ్చు. దీనిని స్టాక్‌హోమ్ మహాసభ లక్ష్య సాధనలో దిగ్విజయమైన కృషిగా పేర్కొవచ్చు.

భోపాల్ వాయువు విషాదాంతం తర్వాత ముందు జాగ్రత్త చర్యగా పర్యావరణ కాలుష్య నివారణకు గాను 11 బిల్లులను యునైటెడ్ స్టేట్స్ కాంగ్రెస్ సభలో సవరణ కోసం ప్రవేశపెట్టడం జరిగింది. అయితే భారత ప్రభుత్వం దూరదృష్టితో ముందడుగు వేసి ప్రప్రథమంగా పర్యావరణ చట్టాన్ని ప్రవేశపెట్టి పర్యావరణ సంరక్షణ కోసం కట్టుదిట్టమైన చర్యలు తీసుకుంది. ఇది ప్రపంచానికే గొప్ప ఆదర్శం. అయితే ఈ పర్యావరణ పరిరక్షణ చట్టాన్ని పర్యావరణ పరిశోధకురాలైన (Environmental Pioneer) కీ॥శే॥ ప్రియతమ ప్రధాన మంత్రి శ్రీమతి ఇందిరాగాంధీ గారి పుట్టినరోజున అనగా నవంబర్ 19, 1986 నాడు అమలులోకి తీసుకరావడం జరిగింది.

పర్యావరణ పరిరక్షణ చట్టం, 1986
(The environment (protection) act, 1986)

పర్యావరణ పరిరక్షణ చట్టం ఒక కొత్తచట్టం. ఇదివరకే రూపొందించిన చట్టాలు ముఖ్యంగా - 'ది వాటర్ (ప్రివెన్షన్ అండ్ కంట్రోల్ ఆఫ్ పొల్యూషన్) ఆక్ట్, 1974', 'ది ఎయిర్ (ప్రివెన్షన్ అండ్ కంట్రోల్ ఆఫ్ పొల్యూషన్) ఆక్ట్, 1981' చట్టాలలోని కొన్ని అంశాలు తీసివేసి, కొన్ని అంశాలు చేర్చి తిరిగి సవరించి రాసిన చట్టమే పర్యావరణ పరిరక్షణ చట్టం. ఇది అన్ని చట్టాల కంటే పర్యావరణ పరిరక్షణ దృష్ట్యా అన్ని విధాల ఉపయుక్తమైంది. ది వాటర్ ఆక్ట్ 1974, ది ఎయిర్ ఆక్ట్ 1981 చట్టాల ద్వారా కేంద్ర ప్రభుత్వానికి కేంద్ర బోర్డులు, రాష్ట్ర బోర్డులు, సంయుక్త బోర్డులు స్థాపించటానికి అధికారాలుంటాయి. ఈ బోర్డులు ప్రభుత్వ ప్రణాళికలకు, కార్యక్రమాలకు, కార్యనిర్వహణా సంబంధమైన పరిశోధనలకు తగిన సలహాలను, సూచనలను ఇస్తాయి. రాష్ట్ర బోర్డులు కాలుష్యానికి కారణమైన ఏ వ్యక్తినైనా లొంగదీసికొని కఠినంగా శిక్షించే అధికారాలను కల్గి ఉంటాయి. అయినప్పటికిని1986కు పూర్వం గల చట్టాలు సృష్టి సహజత్వాన్ని క్రమబద్ధం చేసేవిగానే ఉన్నాయి.

పర్యావరణ పరిరక్షణ చట్టం, పరిసరాలను తత్సంబంధ కాలుష్యాల నుంచి పరిరక్షించి వాటి నాణ్యతను పెంపొందించేదిగా ఉంది. ఈ చట్టంలో 26 సెక్షన్‌లతో కూడిన 4 అధ్యాయాలున్నాయి. ఈ చట్టం యావత్ భారత దేశానికి వర్తిస్తుంది. ఈ చట్టంలోని మొదటి రెండు సెక్షన్లలో "పర్యావరణం", "పర్యావరణ కాలుష్యం", తత్సంబంధ పదాలకు నిర్వచనాలతో సహా సంగ్రహంగా వివరణలు ఉన్నాయి. ఈ చట్టం ద్వారా పర్యావరణ కాలుష్యం అదుపుకు, నివారణకు, పరిసరాల నాణ్యత అభివృద్ధికి కావలసిన ప్రణాళికలు, కార్యక్రమాల సక్రమ నిర్వాహణ, పరిసరాల నాణ్యత ప్రమాణాలను గుర్తించడం, పర్యావరణ కాలుష్య నివారణ సంబంధ పరిశోధనలను ప్రతిపాదించటం, సమాచార సేకరణ, చట్టాల పుస్తకం (Manual of codes) తయారుచేయుటం మొదలైన చర్యలు తీసుకోవటానికి కేంద్ర ప్రభుత్వానికి సంపూర్ణ అధికారాలున్నాయి. ఈ చట్టంలో అనేక యోగ్యతలు (Merits) ఉన్నప్పటికినీ కొన్ని అయోగ్యతలు కూడా (Demerits) లేకపోలేదు.

పర్యావరణ పరిరక్షణ చట్టంలోని యోగ్యతలు

ఈ కొత్త చట్టం పరిశ్రమల వల్ల కలిగే విపత్తులను, పరిసరాల క్షీణతను కూలంకషంగా చర్చిస్తుంది. విపత్తుకు కారణమైన పదార్థాల నిర్వచనం, పదార్ధాల భౌతిక, రసాయన ధర్మాలు, జీవావరణంపైన, పరిసరాలపైన ఆ పదార్థాల ప్రభావం గురించి సెక్షన్ (2) 'ఇ' లో పొందుపరచారు. సెక్షన్ (2) 'బి' లో పరిసరాల కాలుష్యానికి కారణమైన పదార్థం ఘనపదార్థమా? ద్రవపదార్థమా? లేదా వాయు పదార్థమా ? అది ఏ గాఢతలో ఉన్నపుడు పరిసరాలు నష్టపోతాయో పూర్తిగా వివరించబడింది. పై విధంగా పర్యావరణ కాలుష్యానికి దారి తీసిన పరిస్థితులను తెలుసుకొని తత్ నివారణ చర్యలను, సూచనలను, ఒడంబడికలను ప్రతిపాదిస్తుంది.

ఈ కొత్త చట్టం ఇది వరకున్న చట్టాలలాగా కాలుష్యం నిర్వచనం, నీటి కాలుష్యం, వాయు కాలుష్యం వరకే పరిమితం కాకుండ ధ్వని కాలుష్యంతో సహా అన్ని కాలుష్యాల నిర్మూలనకు తగిన

ఏర్పట్లను, పొందికలను, అధికారాలను కలిగి ఉంది. ఈ చట్టంలోని సెక్షన్ 6 (2) బి ద్వారా దేశంలోని వివిధ ప్రాంతాలలో అన్ని రకాల పరిసరాల కాలుష్య కారకాల గాఢత, పరిమితులను ధృవీకరించే అధికారం కేంద్ర ప్రభుత్వానికి ఉంది.

ఈ చట్టంలో అపాయకరమైన కాలుష్యాలను తనిఖీ చేయటానికి, ఖచ్చితమైన చర్యలు, అధికారాలను పొందుపరచడం జరిగింది. ఈ చట్టంలోని సెక్షన్ 8లో కేంద్ర ప్రభుత్వ అనుమతి లేకుండా ఎవరైనా పర్యావరణ పరిరక్షణకు, అపాయకరమైన పదార్థాల తయారీకి పాల్పడినట్లైతే తగిన చర్యలకు పాల్పడడం జరుగుతుందని స్పష్టంగా తెలపబడింది. ఈ చట్టంలోని సెక్షన్ 6 (2) 'యఫ్' ద్వారా కేంద్ర ప్రభుత్వం, అనుకోని హఠాత్సంఘటనల వల్ల ఏర్పడ్డ కాలుష్యానికి తగిన తరుణోపాయాలు, అటువంటి హఠాత్సంఘటనలు జరుగకుండ తీసుకోవలసిన జాగ్రత్తలను, ముందే నిర్ణయించి పర్యావరణ పరిరక్షణకు తగిన చర్యలను తీసుకోవటానికి సర్వాధికారాలను కలిగి ఉంది. ముందే నిర్ణయించిన పరిమితుల మేరకు మించి, ఎవరైనాకాని కాలుష్యానికి కారకులైతే అట్టివారిపై కఠిన చర్యలు తీసుకోవటానికీ, ఆ కాలుష్య నివారణ చర్యలను చేపట్టటానికీ పూర్తి అధికారాలు కేంద్ర ప్రభుత్వానికి ఉన్నాయి.

ఈ చట్టంలోని సెక్షన్ 5 ప్రకారం పరిశ్రమల స్థాపనకు అనుమతి ఇవ్వడానికి, నిరాకరించడానికి, పరిశ్రమలు నడిపించటానికీ, మూసి వేయటానికీ విద్యుత్తును, నీటిని సరఫరా చేయటానికీ లేదా నిలిపి వేయటానికీ కేంద్ర ప్రభుత్వానికి సర్వాధికారాలు ఉన్నాయి. ఇంతకు పూర్వం ఉన్న చట్టాలలో ఈ అధికారాలు కలిపించలేదు. దీనికి తోడు పర్యావరణ పరిరక్షణ కోసం సాధారణ పౌరుడు సైతం కాలుష్యానికి బాధ్యులైన వారిపై అభియోగం మోపి న్యాయ స్థానానికి ఫిర్యాదు చేసే అధికారం కలిపించారు. అయితే ఇంతకు ముందు ఉన్న చట్టాలలో కాలుష్య నివారణ సంస్థలకు లేదా బోర్డులకు (Pollution control boards) మాత్రమే న్యాయ స్థానాలలో (Court) ఫిర్యాదులు చేసే అధికారాలుండేవి.

ఈ చట్టంలో సెక్షన్ 19 (బి) ప్రకారం సాధారణ పౌరుడు పర్యావరణ పరిరక్షణ దృష్ట్యా ప్రభుత్వానికి60 రోజులు ముందుగా నోటీసు ఇచ్చి కాలుష్యానికికారకులైన వారిపై చర్యా నిమిత్తం న్యాయస్థానంలో ఫిర్యాదు చేయటానికి అధికారాలు పొందుపరచడం జరిగింది. కాలుష్య నివారణ బోర్డులు (అవినీతికి పాల్పడి) కాలుష్యకాల తయారీకి బాధ్యులైన పరిశ్రమల యజమానులపైన చట్టసంబంధమైన కఠిన చర్యలు తీసుకోని పక్షంలో, మెలుకువ కలిగిన పౌరులు సైతం ఈ చట్టంలోని పొందికల ద్వారా తనిఖీ చేసే అధికారాలు కల్పించడం జరిగింది.

ఈ చట్టంలోని సెక్షన్ 3 ద్వారా ప్రస్తుతం చలామణిలో నున్న 35 చట్టాల నిర్వాహణకు తగిన సూచనలు, సహాయ సహకారాలు, ఉత్తర్వులు ఇచ్చే అధికారాలు కేంద్ర ప్రభుత్వానికి ఉంటాయి. పరిసరాల నాణ్యత ప్రమాణాలను నిర్ణయించటానికి, పెంచటానికి పరిపాలకులు, న్యాయశాఖాధికారులు, శాస్త్రవేత్తలు సూచించిన మార్గదర్శక సూత్రాలను కాలుష్య నివారణ బోర్డులు తూ.చ. తప్పకుండ అమలు పరచడానికి కావలసిన నిర్దేశక సూత్రాలు పొందుపరచడం జరిగింది. ఈ పరిసరాల నాణ్యత అంతర్జాతీయ పరిసరాల నాణ్యతతో సరితూగేటట్లు పొందుపరచారు.

పూర్వపు నీటిచట్టం, వాయుచట్టాలను ఉల్లంఘించి పర్యావరణ కాలుష్యానికి పాల్పడ్డ వారికి వరుసగా 6సంవత్సరాలు, 3 నెలలు కఠిన కారాగార శిక్ష లేదా రు. 5,000/- జరిమాన మాత్రమే ఉండేది.

అయితే ఈ కొత్త చట్టం ప్రకారం కాలుష్యకాల ఉత్పత్తికి బాధ్యులైన వారికి ఇంకా కఠినమైన శిక్షలు విధించబడతాయి. ఈ చట్టంలోని సెక్షన్ 15 ప్రకారం నేరస్తునికి 5 సంవత్సరాల కఠిన కారాగార శిక్ష లేదా రు. 1,00,000/- లేదా రెండూ కూడా విధించబడతాయి. అయితే ఎవరైతే ఒక సంవత్సర కాలం మితిమీరి కాలుష్యాభివృద్ధికి కారకులవుతారో, వారికి 7 సంవత్సరాలు కఠిన కారాగార శిక్ష, రోజుకు రు. 5,000/- చొప్పున జరిమాన విధించబడుతుంది.

ఈ చట్టంలోని సెక్షన్ 16 ద్వారా పరిశ్రమలు కాలుష్యానికి దారి తీసినపుడు ఆయా పరిశ్రమల యజమానులను నేరస్తులుగా పరిగణించి కఠిన శిక్షలు విధిస్తారు. డైరెక్టరు, మేనేజరు, కార్యదర్శి, ఇతర అధికారుల నిర్లక్ష్యం వల్లకాలుష్యాలు ఏర్పడినపుడు వారిని నేరస్తులుగా పరిగణించి వారిపై తగిన చర్యలను తీసుకోవచ్చు. అదేవిధంగా ఈ చట్టంలోని 17వ చట్టం ద్వారా ప్రభుత్వ విభాగాల అధికారులను కూడా కాలుష్య ఉత్పాదనకు బాధ్యులుగా చేసి శిక్షార్హులుగా పరిగణించవచ్చు.

పర్యావరణ పరిరక్షణ చట్టం, 1986 లోని లోపాలు
(Demerits of the environment (protection) Act, 1986)

ఈ చట్టానికి సంబంధించిన సంపూర్ణాధికారాలు ఒకే ఒక కేంద్ర ప్రభుత్వానికి కట్టబెట్టడం, రాష్ట్ర ప్రభుత్వాలకు ప్రాతినిధ్యం ఇవ్వకపోవడం శోచనీయాంశం. కేంద్ర ప్రభుత్వానికి సంపూర్ణాధికారాలుండబట్టే చట్టంలోని నియమాలు, పొందికల సక్రమ నిర్వాహణ కుంటుబడిందని పరిశీలకుల అభిప్రాయం. ఈ చట్టంలో సెక్షన్ 3(2) V ప్రకారం అటవీ ప్రాంతాలలో అడవులతో ఏ విధమైన సంబంధం లేని ఇతర పాశవిక చర్యలు (ఉదా॥ గనుల త్రవ్వకం) అయినప్పటికీ నిరాటంకంగా సాగుతున్నాయి. వీటి నిషేధానికి తగిన పొందికలు ఇందులో కల్పించబడలేదు. అందువల్ల అడవులు సంరక్షించబడక, రోజురోజుకు తరిగిపోతున్నాయి.

ఈ చట్టంలోని సెక్షన్ 24(2) ఈ క్రింది విధంగా రాయడం జరిగింది.

"Where any Act or omission constitutes an offence punishable under this Act and also under any other Act, then the offender found guilty of such offence shall be liable to be punished under the other Act and not under this Act." ఈ సెక్షన్ ప్రకారం నేరస్తులకు తగిన శిక్షలు విధించకుండా పాత చట్టాల ప్రకారం తక్కువ శిక్షలు విధించడం జరుగుతుంది. అందువల్ల సెక్షన్ 24(2) ద్వార పర్యావరణ కాలుష్యం తగ్గి సత్ఫలితాలు సాధించలేక పోవడమే కాకుండా ఎక్కువ నేరాలు జరిగి కాలుష్యం అధికమయ్యే ప్రమాదాలు అడుగడుగునా కనిపిస్తున్నాయి. ఈ సెక్షన్‌లో పాత-కొత్త చట్టాలను మితిమీరిన పరిధులతో కలపడం వల్ల సమగ్రమైన అధికారాలు సన్నగిల్లి పోయి, కఠిన శిక్షలు ఇవ్వడంలో ఈ కొత్త చట్టం విఫలమైంది. ఖచ్చితమైన కాలుష్య నివారణ చర్యలకు ఈ చట్టాన్ని మళ్ళీ సవరణ చేసి, కఠినమైన శిక్షలను ఇవ్వడానికి అధికారాలను కల్పించి ఆచరణలోకి తెచ్చినపుడే స్టాక్‌హోమ్ మహాసభ లక్ష్య సాధన సిద్ధించగలదు.

పరిశ్రమల అనుమతికి, స్థాపనకు పూర్వం పరిశ్రమల వల్ల పర్యావరణ నాణ్యత మదింపు (Environmental impact assesment = E/A) పై ఏ విధమైన దుష్ఫలితాలు కలుగజేస్తాయో తత్సంబంధ నివేదికలను పారిశ్రామిక వేత్తలు అధికారులకు అందజేసేటట్లు ప్రత్యేక ఉత్తర్వులు

ఈ చట్టంలో పొందుపరచలేదు. యునైటెడ్ స్టేట్స్‌లో నేషనల్ ఎన్విరాన్‌మెంటల్ పాలిసీ ఆక్ట్ (NEPA), 1969 ప్రకారం ప్రభుత్వామోదంతో చట్టబద్ధంగా స్థాపిస్తున్న పరిశ్రమల యజమానులు తూ.చ. తప్పకుండ EIA నివేదికను తత్సంబంధ అధికారులకు సమర్పిస్తారు. ఇదే విధంగా యు.యస్.ఎ., యు.యస్.యస్.ఆర్., కెనడా దేశాలలో కూడా పరిశ్రమలను స్థాపించటానికి ముందు పారిశ్రామిక వేత్తలు EIA నివేదికలు తయారుచేసి అధికారులకు అందిస్తారు. కానీ ప్రస్తుతం భారతదేశంలో ఇటువంటి ఆచారం అమలులో లేదు. అయితే ప్రభుత్వామోదంతో, ప్రభుత్వ ధన సహాయంతో స్థాపించే పరిశ్రమలకు మాత్రం, వాటిని స్థాపించే ముందు పారిశ్రామికవేత్తలు కాలుష్య నివారణ బోర్డు (Pollution control board) వారిచే 'ఆక్షేపణ లేని ధృవీకరణ పత్రం' (No objection certificate) తీసుకొని సంబంధిత అధికారులకు ఇస్తారు.

అణుశక్తి కర్మాగారాల (Nuclear power plants) స్థాపన విషయంలో, ఈ కొత్త చట్టంలో ఎటువంటి ప్రస్తావనలు రాలేదు. చెర్నోబిల్ అణు రియాక్టర్ దుస్సంఘటన (Chernobyl Nuclear reactor breakdown), త్రీ మైల్ ఐలాండ్ ఆక్సిడెంట్ (Three Mile Island Accident) మొదలైన సంఘటనలకు సంబంధించిన కాలుష్యానికి తగిన ప్రత్యేక పరిష్కార మార్గాలు, ఏర్పాట్లు ప్రతిపాదించాల్సిన అవసరం ఉంది. అణుశక్త్యాగార స్థాపన పట్ల, ఆకస్మిక అణువిపత్కర సంఘటనల పట్ల పరిమితులను, నిషేధాలను ఇతర మార్గాలను ప్రతిపాదించి ఒక ప్రత్యేక సెక్షన్‌ను ఏర్పటు చేసి పర్యావరణ కాలుష్యాన్ని నివారించాలి.

ఇతర దేశాలలో నిషేధించిన రసాయన పదార్థాలను, భారతదేశం దిగుమతి చేసుకోవటంలో నిషేధించాల్సి ప్రతిపాదనలను ఈ చట్టంలో పొందుపరచలేదు.

పర్యావరణ కాలుష్య పరిరక్షణకు పై విధంగా కొత్త చట్టంలో సాధ్యమైనంతవరకు ఉచితమైన మార్గాల ద్వారా ధైర్యంగా ఖచ్చితమైన ప్రతిపాదనలే చేయబడ్డాయి. పర్యావరణ కాలుష్య నివారణ దృష్ట్యా ఈ చట్టంలో నిర్దిష్టమైన ప్రణాళికలు, కార్యక్రమాలు ఉండి, దేశవ్యాప్తంగా అధికారాలను చలాయించడం జరుగుతుంది. అయితే నేరస్థులైన పారిశ్రామికవేత్తలు న్యాయస్థానాల నుంచి నిలుపుదల ఉత్తర్వులు (Stay orders) తేవడం వల్ల కార్యనిర్వాహణలో చాలా ఇబ్బందులు ఎదురవుతున్నాయి. **ప్రొఫెసర్ ఉపేంద్ర బక్షి**, మాజీ భారత న్యాయశాఖ సంస్థ డైరెక్టర్ (The Director of Indian Law Institute) గారు ప్రత్యేక పర్యావరణ ట్రిబునల్‌ను (Special Environmental tribunal) ఏర్పాటు చేసి సరియైన తీర్మానాల ద్వారా పర్యావరణ కాలుష్య సమస్యలను చక్కబరచ వచ్చునని వ్యాఖ్యానించారు. **శ్రీ టి.యన్. శేషన్**, పర్యావరణ, అటవీ శాఖల మాజీ కార్యదర్శిగారు సమాజానికి పర్యావరణ చట్టాలు క్షుణ్ణంగా తెలియజేసినపుడే ఆ చట్టాలు సత్ఫలితాలను ఇవ్వగలవని వ్యాఖ్యానించారు. త్వరలోనే ఇటువంటి మార్పులు జరిగి పర్యావరణ సమస్యలకు సంపూర్ణ పరిష్కార మార్గాలు ఏర్పడగలవని ఆశిద్దాం.

7.

పర్యావరణ విద్య

(ENVIRONMENTAL EDUCATION)

పృధ్విలో కొన్నివేల సంవత్సరాలకు పూర్వమే భూగ్రహం నెలకొని ఉంది. ఆదిమానవునిపైన నాటి పరిసరాలు అంతగా ప్రభావాన్ని చూపించలేదు. ప్రస్తుతం ప్రపంచ పరిసరాలు, వాతావరణ పరిస్థితులు శీఘ్రగతిన మారుతున్నాయి. పశ్చిమదేశాలలో అత్యధిక పరిశ్రమల స్థాపనను, తూర్పు దేశాలలో అరికట్టశక్యం కాని జనాభాను పెంచి, ఆధునిక మానవుడు పర్యావరణ కాలుష్యానికి ప్రధాన కారకుడై, తుదకు తనకు తానే నశించడానికి చేరువవుతున్నాడు.

వివిధ పరిశ్రమల ద్వారా వెలువడే విషవాయువులు, వివిధ రసాయన ఉప-ఉత్పాదితాలు, వివిధ ధ్వనులు, వాతావరణాన్ని, నేలను, నీటిని కలుషితం చేసి జీవి మనుగడకు అవరోధాన్ని కలిగిస్తున్నాయి. ప్రపంచ జనాభా ప్రతీ 35 సంవత్సరాలలో రెండింతలవుతున్నట్లు శాస్త్రవేత్తలు తెలుపుతున్నారు. 2000 A.D. నాటికి భారతదేశ జనాభా ఒక బిలియను కాబోతున్నదని అంచనా. అధిక జనాభా వల్ల అడవులు నరకబడి గ్రామాలు, పట్టణాలు నెలకొంటున్నాయి. వృక్షసంపద క్షీణత వల్ల తగిన వర్షాలు కురియక కొంత భూభాగం ఎడారులుగా మారే అవకాశం ఉంది. తత్ఫలితంగా వాతావరణ ఉష్ణోగ్రత విపరీతంగా పెరిగి ఉష్ణకాలుష్యం (Thermal Pollution) ఏర్పడగలదు. సగటున ఒక మనిషి ప్రతి సంవత్సరం ఒక టన్ను కలుషితాలను ఉత్పత్తి చేసి వాతావరణ కాలుష్యానికి, నీటి కాలుష్యానికీ బాధ్యుడవుతున్నాడు. పరిశ్రమలు, మోటారు వాహనాలు, సినిమాలు మొదలైన వాటి వల్ల ప్రతీ దినం ఎడతెరిపి లేని వివిధ ధ్వనులు ఉత్పన్నమై ధ్వని కాలుష్యానికి దారి తీస్తున్నాయి. ప్రతీ పది సంవత్సరాలకు ధ్వని కాలుష్యం (Sound Pollution) దాదాపు రెండింతలు అవుతుంది. ధ్వని కాలుష్య ప్రభావం మెదడుపైన, పుట్టబోయే బిడ్డలపైన ఎక్కువగా ఉంటుంది. పల్లెటూళ్లల్లో చెరువులు, సరస్సుల నీరు బట్టలుతకడం వల్ల, వివిధ పశువులు తిరగడం వల్ల కలుషిత మవుతుంది. పట్టణాలలో మురుగు నీటి కాలువలు నేరుగా నదులలో కలియడం వల్ల నీటి కాలుష్యం ఏర్పడుతుంది.

పారిశ్రామిక విప్లవం, హరిత విప్లవాల ద్వారా జనాభాకు తగిన కూడు, గుడ్డ, నివాసం, ఇంకా ఇతర సౌకర్యాలు ఇవ్వగలమే కాని, స్వచ్ఛమైన గాలి, స్వచ్ఛమైన నీరు, పరిశుభ్రమైన పరిసరాలు, సహజవనరులు, మనుగడ శక్తిని సమకూర్చలేము. మానవుడు, వాతావరణాన్ని, సహజ వనరులను సంరక్షించి జీవకోటికి మనుగడ కల్పించి తాను సుఖంగా బతకాలంటే పర్యావరణ సమతౌల్యానికి సముచితమైన "పర్యావరణ విద్య" (Environmental Education) గురించి శ్రద్ధాసక్తులు, అవగాహన, అధ్యయనం, అభ్యాసం,నిర్వహణ విధిగా జరగాలి.

పర్యావరణ విద్య అంటే ఏమిటి ?

మనిషి అతని నాగరికత, సాంఘిక సంస్కారాభివృద్ధికి పర్యావరణ నాణ్యత, జీవభౌతిక పరిసరాలు-తత్సంబంధమైన విలువలను తెలుసుకోవటం, ఆయా భావనలు వివరంగా అవగాహన చేసుకోవటం, నేర్పుతో అభ్యాసం చేసుకోవటం - వీటికి సంబంధించిన విద్యను 'పర్యావరణ విద్య' అంటారు.

పర్యావరణ విద్య అవసరం

వాతావరణం, పరిసరాలు, సహజవనరులు స్వతస్సిద్ధంగా సంక్రమిస్తాయి (Natural Heritage)· అవి ప్రకృతి వరాలు: పర్యావరణ సమతౌల్యాన్ని కాపాడుతూ మానవుడు సాంస్కృతిక, సాంఘిక, ఆర్థికాభివృద్ధి సాధించడానికి చేపట్టవలసిన కార్యక్రమాలలో మొట్టమొదటిది పర్యావరణ విద్య.పర్యావరణ నాణ్యత, కాలుష్య నివారణ చర్యలు మొదలైన అనేక విషయాలు పర్యావరణ విద్యలో పొందుపరచడం జరిగింది. పర్యావరణ విద్యను సాధారణ విద్యతో పోల్చినపుడు పర్యావరణ విద్యకు ఉండవలసిన కనీస గుర్తింపు కూడా లేదనే చెప్పాలి. నేటి ఆధునిక ప్రపంచానికి ఎదురవుతున్న పర్యావరణ కాలుష్యం పరిధులు దాటుతున్న తరుణంలో పర్యావరణ విద్య ఆవశ్యకత ఇంతింతని చెప్పలేము. ఈ పర్యావరణ విద్యావ్యాప్తి ప్రాథమిక స్థాయి నుంచి ఉన్నత స్థాయి వరకు, పామర జనాల నుంచి మేధావుల వరకు స్త్రీ, పురుష సంబంధమైన భేదం లేకుండా అన్ని స్థాయిలకు తెలియజేయాల్సిన సమయం ఆసన్నమైంది. ఈ విద్యావ్యాప్తి అభివృద్ధికి ప్రభుత్వం, ప్రజలు, స్వచ్ఛంద సంస్థలు తమ వంతు బాధ్యతగా కృషి చేసి, పర్యావరణం నాణ్యతను కాపాడాలి.

పర్యావరణ విప్లవం (Environmental Revolution)

శాస్త్రీయ, సాంకేతిక, ఆర్థిక విజ్ఞానాల వల్ల అనుకున్న అభివృద్ధి సాధ్యమైనప్పటికీ, పర్యావరణ కాలుష్యమనే దుష్పరిణామం ఏర్పడి, మానవుని సామాజిక, సాంస్కృతిక, ఆరోగ్య విషయాలు పూర్తిగా దెబ్బతిన్నాయి. మానవుడు తన మనుగడ కోసం జీవ-భౌతిక పరిసరాల (Bio-physical surroundings) మీద ఆధారపడ్డాడు. ప్రస్తుతం కలుషిత పరిసరాల దుష్ప్రభావం వల్ల సహజ పరిసరాల విలువలను గుర్తించగలుగుతున్నాము. పర్యావరణ విద్యను గురించి 1971లో ఫౌనెక్స్ (Founex) నగరంలో మొట్టమొదటి మహాసభ ఏర్పాటయ్యింది. తర్వాత 1972 వ సంవత్సరంలో యునైటెడ్ నేషన్స్ ఎడ్యుకేషనల్, సైంటిఫిక్ అండ్ కల్చరల్ ఆర్గనైజేషన్ (UNESCO) వారి ఆధ్వర్యంలో "మానవుడు-పర్యావరణం" (Human Environment) అనే అంశం గురించి యునైటెడ్ నేషన్స్ మహాసభ (United Nations Conference) స్టాక్‌హోమ్ నగరంలో జరిగింది. ఈ సభలో పలువురు వక్తలు పాల్గొని పరిసరాలు-మానవుని మనుగడ, పర్యావరణ కాలుష్యం, అధిక జనాభా పెరుగుదల, శక్తి విపత్కాలం (Energy Crisis), సహజ వనరుల సంరక్షణ (Conservation of Natural Resources), ఆవరణ అసమానతలు (Ecological imbalance), సహజ పరిణామం (Natural Evolution), జన్యు ఇంజినీరింగ్ (Genetic Engineering), మనిషి- జీవావరణం (Man and Biospere-MAB), పర్యావరణ విద్య (Environmental Education) ఆవశ్యకత

మొదలైన అంశాలను గురించి కూలంకషంగా చర్చలు జరిపి ఆయా సమస్యలకు తగిన నివారణో పాయాలను ఆలోచించారు. అక్టోబర్ 1975 వ సంవత్సరంలో పర్యావరణ విద్యకు సంబంధించిన అంతర్జాతీయ వర్క్‌షాప్‌ను (International Workshop) బెల్‌గ్రేడ్ నగరంలో నిర్వహించడం జరిగింది. ఈ వర్క్‌షాప్‌లో పర్యావరణ సమస్యల నివారణ కోసం తీసుకోవలసిన చర్యలకు అనేక మార్గదర్శక సూత్రాలను క్రోడీకరించారు. "మానవుడు స్థిర నివాసం" అనే అంశం గురించి 1976 సంవత్సరంలో యునైటెడ్ నేషన్స్ ఎన్విరాన్‌మెంటల్ ప్రోగ్రాం (UNEP) వారి అండదండలతో యునైటెడ్ నేషన్స్ ఎడ్యుకేషనల్, సైంటిఫిక్ అండ్ కల్చరల్ ఆర్గనైజేషన్ (UNESCO) వారు వాంకోవర్ (Vancover) నగరంలో చర్చలు జరిపారు. 1977 వ సంవత్సరంలో అదే నగరంలో "పరిసరాల విద్య" గురించి UNESCO వారుUNEP వారి పూర్తి సహాయ సహకారాలతో మళ్ళీ ఒక అంతర్జాతీయ మహాసభ ను నిర్వహించారు. అదే సంవత్సరం అంటే 1977లో టిబిసి (Tbilisi, The Capital of Georgian Republic of U.S.S.R) నగరంలో "విశ్వవిద్యాలయాల స్థాయిలో పరిసరాల విద్య" అనే అంశం గురించి అంతర్జాతీయ ప్రభుత్వ మహాసభ నిర్వహించబడింది. దీనిలో విశ్వవిద్యాలయాల స్థాయిలో సహితం పరిసరాల శుభ్రత, పర్యావరణ కాలుష్య నివారణల కోసం పర్యావరణ విద్యాబోధన జరగాలని అనేక వక్తలు అభిప్రాయపడ్డారు. వియన్నా (Vienna) నగరంలో "పరిసరాల విద్య-ఆవశ్యకత"', "విజ్ఞానశాస్త్రం, సాంకేతికశాస్త్రం" అన్న అంశాలకు సంబంధించిన యునైటెడ్ నేషన్స్ కాన్ఫరెన్స్ UNEP/UNESCO వారి ఆధ్వర్యంలో 1979 వ సంవత్సరంలో జయప్రదంగా జరిగింది. ఈ సభలో విజ్ఞానశాస్త్ర ప్రగతి, సాంకేతిక శాస్త్ర ప్రగతి, వాటి ప్రభావం, మానవుని మనుగడ, పరిసరాల పరిశుభ్రత, పర్యావరణ విద్య-ఆవశ్యకత గురించి చర్చలు జరిగాయి. ఆ తర్వాత పర్యావరణ విద్యను గురించి అనేక జాతీయ, అంతర్జాతీయ మహాసభలు ప్రపంచలోని పలు ప్రాంతాలలో నిర్వహించారు. పై సభలలో మానవుని నివాసయోగ్యతకు కావలసిన పరిసరాలను గురించి, జీవావరణం గురించి అనేక చర్చలు జరిగాయి.

భారతదేశంలో జులై 30-31, 1979 సంవత్సరంలో భారతీయ పర్యావరణ సంఘం (The Indian Enviornmental Society) వారు భారత జాతీయ వైజ్ఞానిక విద్యాసంస్థ (Indian National Science Academy) వారి సహాయ సహకారాలతో "అంతర్జాతీయ పర్యావరణ యాజమాన్య విద్యా కార్యక్రమాలను (The International Programme on Environmental Management Education), ఉన్నత పర్యావరణ విద్య (Higher Environmental Education)" ను గురించిన జాతీయ చర్చా కార్యక్రమాన్ని (National Seminar) కొత్త ఢిల్లీలో నిర్వహించారు. 1984 సంవత్సరంలో కూడా భారతదేశంలో "పర్యావరణ విద్య" ఆవశ్యకతను గురించి చర్చా వేదిక నిర్వహించబడింది. ఈ చర్చా వేదికపైన వివిధ విద్యా సంస్థలలో పరిసరాల శుభ్రత, పర్యావరణ విద్య ఆవశ్యకత, బోధన, కార్యనిర్వాహణలలోనినేర్పు, పరిసరాల విద్యా పట్టభద్రులకు ఉద్యోగావకాశాలు మొదలైన అంశాలను గురించి కూలంకషంగా చర్చలు జరిపారు.

పై విధంగా విజ్ఞానశాస్త్రాల ప్రగతి, సాంకేతికశాస్త్రాల ప్రగతి, మానవుని జీవావరణ పరిస్థితి, పర్యావరణ విద్య మొదలైన అంశాలను గురించి దాదాపు మూడు దశాబ్దాల కాలం నుంచి చర్చా వేదికలు - పరిష్కార తీర్మానాలు పర్యావరణ విప్లవానికి కారణమయ్యాయి.

పర్యావరణ విద్య - సిఫారసులు
(Environmental Education-Recommendations)

పర్యావరణానికి భౌగోళిక సరిహద్దులు (Geographical Frontiers), భావసంబంధమైన సరిహద్దులు (Ideological Frontiers) ఉండవు. పర్యావరణంలో మానవుడు, జంతువులు, వృక్షాలు, నిర్జీవులు సమంగా పాలుపంచుకున్నప్పటికీ పర్యావరణ నాణ్యతను కాపాడే పూర్తి బాధ్యత మానవుని పైనే ఉంటుంది. ప్రస్తుత పరిసరాల సమస్యలకు, పర్యావరణ కాలుష్య నిర్మూలనకు సరియైన సాంకేతిక, శాస్త్రీయ పద్ధతులు ఇంత వరకు మానవునికి అవగాహన కాలేదు. మూడు దశాబ్దాల కాలం నుంచి వస్తున్న 'పర్యావరణ విప్లవం' వల్ల ఇప్పుడిప్పుడే మానవుడు తన వంతు బాధ్యతను గుర్తెరిగి శాస్త్రీయ, సాంకేతిక పద్ధతుల ద్వారా పర్యావరణ కాలుష్య సమస్యలకు తగిన పరిష్కార మార్గాలను వెదుకుతున్నాడు. మనదేశ పరిసరాల సమస్యలకు, గాంధేయ వాదనలకు (Gandhian Thought) గల సంబంధాలను పురస్కరించుకొని, ఆ సమస్యలకు తగిన పరిష్కార మార్గాలను అన్వేషించాలి.

మేధావులు, వక్తలు, శాస్త్రవేత్తలు, వివిధ జాతీయ, అంతర్జాతీయ మహాసభలను నిర్వహించి పలు పర్యావరణ సమస్యలను చర్చించి, వాటి పరిష్కార మార్గాలకు కావలసిన పర్యావరణ విద్యా కార్యక్రమాలను రూపొందించే సిఫారసులను కొన్నింటిని ఇక్కడ చర్చించాము.

1. మానవుడు, తన తోటి మానవుని పట్ల, సంఘం పట్ల, జంతువుల పట్ల, వృక్షాలపట్ల, ఇతర సహజవనరుల పట్ల, పర్యావరణం పట్ల మానవత్వాన్ని ప్రదర్శించి వాటిని సంరక్షించాలి.
2. ప్రతీవ్యక్తి పరిసరాల విద్యను విధిగా తెలుసుకొని భౌతిక-జీవ (Phisio-biological), సామాజిక-సాంస్కృతిక (Socio-cultural), ఆర్థిక సంబంధ విషయాలను ఒకటిగా కలుపుకొని మెలగాలి.
3. ప్రాథమిక పాఠశాలల్లో, జూనియర్ కళాశాలల్లో, డిగ్రీ కళాశాలల్లో, పి.జి. కళాశాలల్లో, విశ్వవిద్యాలయాల్లో కూడా పర్యావరణ విద్యను గురించి ప్రాథమిక పరిసరాల విజ్ఞానాన్ని తెలియజేయాలి.
4. విద్యార్థులకు నిర్దేశిత పాఠ్యాంశాలతో పాటు పరిసరాల భావనలు (Environmental Concepts) విద్యా విధానంలో ప్రవేశపెట్టి పరిసరాల సమస్యలకు పరిష్కారమార్గాలను వెదకాలి.
5. పర్యావరణ విద్యను గురించిన పాఠ్యగ్రంథాలు, సాహిత్యం, వివిధ భాషల్లో సులభశైలితో వివిధ ప్రాంతాలకు తగినట్లుగా రూపొందించి అందజేయాలి.
6. క్రమశిక్షణాంతర్గత పరిశోధనా పద్ధతుల (The Inter-disciplinary Research Projects) ద్వారా ఆయా ప్రాంతాలలో పర్యావరణ విద్యను అభ్యాసం చేయించాలి.
7. ఉపాధ్యాయులు, డాక్టర్లు, ఇంజనీర్లు, న్యాయవాదులు, సామాజిక శాస్త్రవేత్తలు (Social Scientists), పరిపాలకులు మొదలైన వృత్తి విద్యా సంబంధీకులకు పర్యావరణ విద్యా సంబంధిత శాస్త్రాలను, గ్రంథాలను అందజేసి క్రమశిక్షణ గురించి తెలియపరచాలి.

8. యూనివర్శిటీ గ్రాంట్స్ కమీషన్ (UGC) వారు వైజ్ఞానిక విద్యా సంస్థలలో (Department of Sciences), కళలు-వాణిజ్య విద్యా సంస్థలలో (Department of Arts & Commerce), సాంఘిక శాస్త్రాల విద్యాసంస్థలలో (Social Sciences department), సాంకేతిక విద్యా సంస్థలలో (Department of Technology) పర్యావరణ విద్యా శిక్షణా తరగతులు నిర్వహించాలి.

9. దత్తాంశాల బ్యాంకులు (Data Banks), ఆవరణ సమస్యల సమాచార స్థావరాలు (Ecosystem Information Base) మొదలైనవి నెలకొల్పి విస్తారమైన చిన్న-పెద్ద సమస్యలను పరిష్కారం చేయాలి.

10. సాంకేతికపరమైన కాలుష్య నివారణ యంత్రాలను కనుక్కొని ప్రవేశపెట్టాలి.

11. ఉద్యోగ నియామకాలలో పర్యావరణ విద్యా విజ్ఞానం గలవారికి, పర్యావరణ విద్యా పట్టభద్రులకు ప్రాముఖ్యత నివ్వాలి.

పర్యావరణ విద్యా ప్రణాళిక - వర్గీకరణ
(Classification of Environmental Education-Programmes)

టిబిలిసి (Tbilisi, The Capital of Georgian Republic of U.S.S.R) నగరంలో 'పర్యావరణ విద్య' అనే అంశాన్ని గురించిన అంతర్జాతీయ మహాసభ UNESCO వారి ఆధ్వర్యంలో 1977వ సంవత్సరంలో నిర్వహించబడింది. ఈ మహాసభలో UNESCO వారు 66 దేశాల సభ్యత్వంతో తీర్మానించిన అంతర్జాతీయ పర్యావరణ విద్యా ప్రణాళికను రూపొందించి సమస్త ప్రజాకోటికి అంకితం చేశారు.

ఈ విద్య ప్రణాళికను 3 రకాలుగా వర్గీకరణ చేశారు. అవి -

1. నియత పర్యావరణ విద్య (Formal Environmental Education)
2. అనియత పర్యావరణ విద్య (Non-formal Environmental Education)
3. వృత్తిపరమైన పర్యావరణ విద్య (Environmental Education for Professional Groups)

1. నియత పర్యావరణ విద్య (Formal Environmental Education)

నియత పర్యావరణ విద్యను మూడు స్థాయిలుగా విభజించవచ్చు.

ఎ) ప్రాథమిక పాఠశాలస్థాయి

బి) సెకండరీ పాఠశాల స్థాయి

సి) ఉన్నత విద్యాలయాల స్థాయి

ఎ) ప్రాథమిక పాఠశాల స్థాయి (Primary School level)

ప్రాథమిక పాఠశాలల్లో చదువుతున్న 11 సంవత్సరాలలోపు బాలబాలికలకు ప్రజారోగ్యం (Public health), పోషకాహారం (Nutrition), కాలుష్యం (Pollution), పరిసరాల పరిశుభ్రత వంటి పర్యావరణ విద్యా సంబంధ బోధనా విషయాలను తప్పనిసరి బోధన చేయాలి. పాఠశాల ఆవరణ పరిశుభ్రత, తోటపని, చెట్లు నాటించడం వంటి కార్యక్రమాలు పిల్లలచే విధిగా చేయించాలి.

బి) సెకండరీ పాఠశాల స్థాయి (Secondary School level)

సెకండరీ పాఠశాలల్లో చదువుతున్న 11 సంవత్సరాల నుండి 16 సంవత్సరాలలోపు బాలబాలికలకు ప్రజారోగ్యం, పోషకాహారం, కాలుష్యం, రవాణా (transport), వరదలు (floods), పరిసరాల విజ్ఞానం, సహజవనరులు, వన్యప్రాణులు, అడవులు; ఆహారం మొదలైన బోధనాంశాలను, సాధారణ బోధనలో చేర్చాలి. పాఠశాల ఆవరణాన్ని శుభ్రపరచడం, తోటపని చేయడం వంటివి అమలుపరచాలి.

సి) ఉన్నత విద్యాలయాల స్థాయి (Tertiary level)

ఇంటర్మీడియట్, డిగ్రీ కళాశాలల్లోని, విశ్వవిద్యాలయాలలోని విద్యార్థులకు సహజవనరుల సంరక్షణ, కాలుష్యం,కాలుష్య నివారణ, పర్యావరణ విద్య సంబంధమైన బోధనాంశాలు ప్రవేశపెట్టాలి. వివిధ విశ్వవిద్యాలయాలలో 'ఎర్నింగ్ బై లెర్నింగ్' (Earning by learning), 'లెర్నింగ్ బై డూయింగ్' (Learning by doing) వంటి కొత్త కొత్త పద్ధతుల ద్వారా విద్యార్థులకు విద్యాబోధనలు జరిపించాలి. కొచ్చిన్, పూన, ఒరిస్సా, జబల్‌పూర్, వారణాసి, భోపాల్, రూర్కి, జయపూర్, ఢిల్లీ వంటి 40 విశ్వ విద్యాలయాలలోఇప్పటికే అనేక పరిశోధనశాలలు పర్యావరణ నాణ్యత పరిరక్షణ కోసం నెలకొల్పబడ్డాయి. వీటి అభివృద్ధికి గాను 7వ పంచవర్ష ప్రణాళికలో 3750 కోట్ల రూపాయలు కేటాయించడం జరిగింది.

2. అనియత పర్యావరణ విద్య (Non-Formal Environmental Education)

పల్లె ప్రజానీకానికి, పట్టణవాసులకు సైతం ప్రదర్శనలు, ఉపన్యాసాలు, మీటింగ్‌లు, ఇతర సాంస్కృతిక కార్యక్రమాల ద్వారా పరిసరాల శుభ్రత, పర్యావరణ కాలుష్య నివారణ, పర్యావరణ విద్యావ్యాప్తికి తగిన సూచనలు, బోధనలు చేయవచ్చు.

3. వృత్తి పరమైన పర్యావరణ విద్య
(Environmental Education for Professional Groups)

పారిశ్రామిక వేత్తలు, ఆర్థిక వేత్తలు, ప్రాజెక్ట్ ఇంజనీర్లు, డాక్టర్లు, న్యాయవాదులు, ఉపాధ్యాయులు, కళాకారులు, పరిపాలకులు, ప్రజానాయకులు మొదలైన వృత్తిపరమైన మేధావులకు పర్యావరణ కాలుష్యనివారణకు కావలసిన పర్యావరణ విద్య సూచనలను, ప్రోత్సాహాలను ప్రత్యేకంగా అందజేయాలి.

పై విధంగా పరిసరాల విద్యాకార్యక్రమాలను రూపొందించడం జరిగింది. చాలా వరకు ఇవి ఫలవంతమయ్యాయని చెప్పవచ్చు.

పర్యావరణ విద్య-కార్యనిర్వహణలోని నేర్పు
(Environmental Education Strategies)

సమాజాభివృద్ధికి సాంఘిక, ఆర్థిక, రాజకీయ, సామాజిక, శాస్త్రీయ స్థితి గతులను దృష్టిలో ఉంచుకొని వాతావరణ తీర్మానాలను తీసుకొని పర్యావరణ విద్య కార్యనిర్వాహణకు మార్గాలను సూచించాలి. పర్యావరణ ప్రణాళిక (Environmental Planning) జయప్రదం కావాలంటే విద్యార్థులు, ఉపాధ్యాయులు, అధ్యాపకులు, మేధావులు, రాజకీయ నాయకులు, అధికారులు, పరిపాలకులు అందరూ పూనుకొని వివిధ కార్యక్రమాల ద్వారా సహజ వాతావరణాన్ని సంరక్షించాలి. ముఖ్యంగా అధ్యాపకులు

పర్యావరణ సమస్యలను తెలుసుకొని తగిన నివారణోపాయాలను ఆలోచించి, నేర్పుతో ప్రజలకు చెప్పాలి.

పల్లెలలో, పట్టణాలలో, ఆర్థిక, సామాజిక, రాజకీయ, ఆవరణ సంబంధమైన విషయాలు ఒక దానిపై ఒకటి ఆధారపడటాన్ని శ్రద్ధతో తెలిసికొని ప్రజలకు తెలపాలి. ప్రజలకు తమ పరిసరాలు ఏ విధంగా ఉపయోగపడతాయో అంచెలంచెలుగా నేర్పాలి. స్థానిక ప్రాంతీయ, జాతీయ, అంతర్జాతీయ భౌగోళిక వాతావరణ విషయాలను పరిరక్షించాలి. చరిత్రకందని కాలం నుంచి నేటి వరకు వాతావరణ పరిస్థితులను (Environmental Situations) అవలోకనం చేయాలి. మానవుని అభివృద్ధికి, పెరుగుదలకు వాతావరణ పరిస్థితులు ఎలా ఉండాలో వ్యక్త పరచాలి. వాతావరణ సమస్యలు ఏ విధంగా నివారించబడతాయో నైపుణ్యంతో ఆలోచించాలి. స్థానిక ప్రాంతీయ, జాతీయ, అంతర్జాతీయ సంస్థల సహకారంతో పరిసరాల సమస్యలను ఏకంగా ఎదుర్కోగలగాలి. చదువరులు (learners) పరిసరాల సమస్యలకు ప్రధాన కారణాలేమిటో కనుక్కోవడానికి సహాయపడాలి. పర్యావరణ విద్యా కార్యక్రమాలు క్రమపద్ధతిలో అంచెలవారిగా ప్రజలకు తెలియజెప్పాలి. కుటుంబ నియంత్రణ పద్ధతులను ప్రజలకు వివరించి జనాభా సమస్యను పరిష్కరించాలి.

పర్యావరణ విద్య - సహజవనరుల సంరక్షణ
(Environmental Education - Conservation of Natural Resources)

వాయువు, నీరు, నేల, పరిసరాలు, వృక్షాలు, జంతువులు, మానవుడు, శక్తి (సూర్యుడు) మొదలైనవి ఆవరణ వలయంలోని ముఖ్యాంశాలు. సూర్యుడు శక్తికి నిధి. శక్తి పై రూపాలలో భ్రమిస్తుంటుంది. సూర్యుని శక్తి కాలపరిస్థితులను బట్టి వివిధ మోతాదులలో వాతావరణాంతర్గతంగా ఉంటుంది. అవసరాలను బట్టి మానవుడు సౌరశక్తిని వివిధ రూపాలలోకి మార్చుకొని వాడుకోవాలి. సౌరశక్తి వృధా కాకుండా చూడాలి.

భారత భూభాగంలో 45% అంటే 140 మిలియన్ హెక్టార్లు మడుగులు, పర్వతాలు, ఎడారులు, కాలువలు, నదుల గట్లు మొదలైన వాటి వల్ల హరించి పోయాయి. మిగిలిన భూభాగం క్షయం కాకుండా చూచుకోవాలి. ప్రణాళికాధినేతలు తగిన నిధులు మంజూరు చేసి నేలల సంరక్షణకు పాటుపడాలి.

ప్రపంచంలోని నీరు 95% సముద్రాలలోనే ఉంటుంది. 5% నీరు మాత్రమే మంచుగడ్డలు, మేఘాలు, వర్షాలు, నదులు, కాలువలు మొదలైన రూపాలలో ఉంటుంది. ఇటువంటి నీటిని అవసరాన్ని బట్టి చెరువులు, ఆనకట్టలు నిర్మించి వ్యవసాయరంగానికి, విద్యుదుత్పాదనకు ఉపయోగించి ప్రగతిని సాధించాలి. సముద్ర తీరాలలో సహజ వాయువులు, పెట్రోలియం గనులుంటాయి. వాటికి తోడు న్యూక్లియర్, థర్మల్ యంత్ర సముదాయాలు నెలకొల్పడం, అనవసరపు వస్తువులను, పదార్థాలను సముద్రంలో పారవేయటం వల్ల సముద్రపు నీరు కలుషితమవుతుంది. సముద్రాలను సంరక్షించాలి. సముద్రాలను పరిశోధనా కేంద్రాలుగా, యాత్రా స్థలాలుగా మార్చాలి.

మానవుడు, మొక్కలు, జంతువులు, కీటకాలు మొదలైన వాటి సహజీవనం, పరాన్నజీవన విధానం, పరిణామం మొదలైన విషయాలు క్షుణ్ణంగా తెలుసుకొని, వాయుకాలుష్యం, నీటికాలుష్యం, ధ్వనికాలుష్యం, ఉష్ణకాలుష్యం మొదలైన వాటిని నివారించి సహజ వనరుల సంరక్షణ చేయాలి.

పర్యావరణ విద్య - బోధనాంశాలు
(Environmental Education and Some Disciplines)

యూనివర్సిటీ గ్రాంట్స్ కమీషన్ (UGC) వారు, నేషనల్ కౌన్సిల్ ఆఫ్ సైంటిఫిక్ ఎడ్యుకేషన్ (NCSE) వారు, నేషనల్ సైన్స్ ఫౌండేషన్ ఆఫ్ యునైటెడ్ స్టేట్స్ ఆఫ్ అమెరికా (NSFUSA) వారితో కలిసి బెంగుళూరులో, జూన్ 1971వ సంవత్సరంలో పర్యావరణ విద్యాకార్యక్రమ బోధనాంశాలను (disciplines) తీర్మానించారు. అధిక జనాభా, వలసపోవటం, జీవిత విధానాలు, జనన మరణాల రేటు, వైద్య ఆరోగ్యం, పౌష్టికాహారం, ఆర్థిక వ్యవస్థలు, పరిశ్రమలు, విహారయాత్రలు, శక్తి వనరుల సద్వినియోగం, సహజ వనరుల సంరక్షణ వంటి సమస్యలను పర్యావరణ విద్యా కార్యక్రమంలో చేర్చారు. పై సమస్యలను దృష్టిలో ఉంచుకొన్నితత్సంబంధ బోధనాంశాలను ప్రాథమిక విద్యా స్థాయి నుంచి ఉన్నత విద్యాస్థాయి వరకు అంచెలవారీగా విధిగా ప్రవేశపెట్టటానికి తీర్మానాలు జరిగాయి. పర్యావరణ విద్యా సంబంధిత బోధనాంశాల్లో కొన్నింటిని దిగువన ఇచ్చాము.

1. సాయిల్ సైన్స్ (Soil Science)
2. అగ్రానమీ (Agronomy)
3. ఫారెస్ట్రీ (Forestry)
4. అగ్రోస్టోలోజి (Agrostology)
5. హార్టికల్చర్ (Horticulture)
6. అగ్రికల్చరల్ ఇంజినీరింగ్ (Agricultural Engineering)
7. హైడ్రోలజీ (Hydrology)
8. మెటీరియాలజీ (Meteriology)
9. జాగ్రాఫీ (Geography)
10. జియాలజీ (Geology)
11. బాటనీ (Botany)
12. జువాలజీ (Zoology)
13. ఆంత్రోపాలజీ (Anthropology)
14. సోషియాలజీ (Sociology)
5. ఎకనామిక్స్ (Economics)
16. లాండ్ స్కేపింగ్ (Land Scaping)
17. ఇకాలజీ (Ecology)
18. ఎన్విరాన్‌మెంట్ - హెల్త్ (Environment-health)
19. ఎన్విరాన్‌మెంటల్ ఇంజనీరింగ్ (Environmental-Enginering)
20. రిసోర్స్ మేనేజ్‌మెంట్ (Resource Management)

పర్యావరణ విద్య - అభ్యాసం
(Environmental Education and Training)

యునైటెడ్ నేషన్స్ ఎన్విరాన్మెంటల్ ప్రోగ్రామ్ (UNEP) వారి సహాయసహకారాలతో యునైటెడ్ నేషన్స్ ఎడ్యుకేషనల్ సైంటిఫిక్ అండ్ కల్చరల్ ఆర్గనైజేషన్ (UNESCO) వారు వివిధ ప్రాంతీయ అభ్యాస కార్యక్రమాలను (Regional Training Programmes) రూపొందించి, వివిధ జాతీయ విద్యాసంస్థలకు అప్పగించారు. భారతదేశంలో ప్రజారోగ్యం, సాంకేతిక విభాగం (Public Health and Engineering Department), జవహర్ లాల్ నెహ్రూ విశ్వవిద్యాలయము వారు పి.జి. కోర్సులలో పర్యావరణ విద్యాభ్యాస కార్యక్రమాలను నిర్వహిస్తున్నారు. 1954-55 నుంచి సెంట్రల్ సాయిల్ అండ్ వాటర్ కన్సర్వేషన్ రిసెర్చ్ అండ్ ట్రైనింగ్ ఇన్స్టిట్యూట్, డెహ్రాడూన్ వారు వ్యవసాయ, అటవీ, నేలల సంరక్షణ విభాగాలలోని అధికారులకు ప్రత్యేకంగా శిక్షణా తరగతులను నిర్వహిస్తున్నారు. బంగ్లాదేశ్‌లో అనియత పర్యావరణ అభ్యాస కార్యక్రమాలను (Non formal Environmental training Programme) యువకులు, పామర జనులు, పత్రికా విలేఖరులు మూకుమ్మడిగా నిర్వహించారు. ఇండోనేషియా, మలేషియా, ఫిలిప్పైన్స్, థాయ్‌లాండ్ వంటి దేశాలు కూడా పరిసరాల అభివృద్ధి కోసం పర్యావరణ విద్యాభివృద్ధి కార్యక్రమాలను చేపట్టాయి.

విశ్వ విద్యాలయాలలో పర్యావరణ విద్య

గత మూడు దశాబ్దాల నుంచి నిర్వహించిన జాతీయ, అంతర్జాతీయ పర్యావరణ విద్యా సంబంధిత మహాసభలలో పర్యావరణ కాలుష్య నివారణకు విశ్వవిద్యాలయాల స్థాయిలో సైతం పర్యావరణ విద్యాబోధన జరగాలని పలువురు వక్తలు అభిప్రాయపడ్డారు. ఆ మేరకు కొన్ని సిఫారసులు ఇక్కడ చర్చించాము.

1. విశ్వవిద్యాలయాలలో పర్యావరణ గురించి ప్రాథమిక పరిశోధనలు, పరిశీలనలు అవసరం.
2. పర్యావరణ విద్యాబోధనకు తగిన పుస్తకాలు, గ్రంథాలు అందజేయాలి.
3. పుస్తకాలు, గ్రంథాలు, సాహిత్యం తక్కువ ధరలకే అందుబాటులో ఉండాలి.
4. పర్యావరణ విద్యను దృశ్య-శ్రవణ యంత్రాలు, స్లైడులు, సినిమాలు, టి.వి.ల ద్వారా అంచెలంచెలుగా ప్రసారాలు చేసి గ్రామీణ, పట్టణ ప్రజలకు తెలియజేయాలి.
5. నిపుణులతో అభ్యాస కార్యక్రమాలు రూపొందించాలి.
6. పర్యావరణ విద్య-పరిశోధనా కార్యక్రమాలకు తగిన ప్రోత్సాహం కలిగించాలి.
7. పర్యావరణ విద్య గురించి విస్తరణ కార్యక్రమాలు, చర్చలు, పుస్తక ప్రచురణలు వ్యాపింపజేయాలి.
8. పాఠ్యాంశాలుగా దీనిని గురించి బోధించాలి.
9. విశ్వవిద్యాలయాలలో పర్యావరణ విద్య పరిశోధనకు కావలసిన నిధులు యు.జి.సి., సి.యస్.ఐ.ఆర్., ఐ.సి.ఎ.ఆర్., డబ్ల్యు.హెచ్.ఓ., యు.యన్.ఐ.డి.ఓ., యు.ఎన్.డి.పి.,

ఇండస్ట్రియల్ ఆర్గనైజేషన్స్, డిపార్ట్‌మెంట్ ఆఫ్ సైన్స్ అండ్ టెక్నాలజీ మరియు అర్బన్ డెవలప్‌మెంట్ అథారిటీస్ వంటి అనేక సంస్థలు, రాష్ట్ర-కేంద్ర ప్రభుత్వాలు శక్తి వంచన లేకుండా అందజేయాలి.

10. పర్యావరణ విద్య సంబంధిత విద్యార్థులకు ఉపకార వేతనాలు (Merit Scholarships, Riyathi Scholarships, SC, BC, EBC Scholarships), జూనియర్, సీనియర్ రిసెర్చి ఫెలోషిప్‌లు విధిగా మంజూరు చేయాలి.

11. ఉద్యోగ సంబంధమైన విద్యా విధానాన్ని సమస్యా పరిష్కార సంబంధమైందిగా మార్చాలి.

పర్యావరణ విద్య-పట్టభద్రులు
(Environmental Education - Graduates)

మనదేశంలో ప్రస్తుతం దాదాపు 40 విశ్వవిద్యాలయాలలోని వివిధ పి.జి. కళాశాలల నుంచి ప్రతి సంవత్సరం వందల సంఖ్యలో విద్యార్థులు పట్టభద్రులు అవుతున్నారు. ప్రభుత్వం వారికి సరియైన ఉద్యోగావకాశాలు కల్పించడం లేదు. పర్యావరణ విద్య పట్టభద్రులకు ఉపాధ్యాయులు, పరిశోధనాధికారులు, మృత్తిక-నీటి నిర్వాహణాధికారులు, పర్యావరణ కాలుష్య పర్యవేక్షకులు, ఉద్యానవనాధికారులు, అటవీ అధికారులు, వన్యప్రాణి సంరక్షకులు, ప్లానింగ్ అధికారులు, పారిశ్రామికవేత్తలకు, వ్యవసాయదారులకు సలహాదారులుగాను మొదలైన ఉద్యోగాలు కల్పించి వారిచే పర్యావరణ విద్యను చాటి చెప్పించి పర్యావరణ నాణ్యతను పరిరక్షించాలి.

8.

అంతర్జాతీయ పర్యావరణ సంస్థలు - కార్యక్రమాలు

(INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL ORGANIZATIONS AND PROGRAMMES)

పర్యావరణ నాణ్యత పరిరక్షణకు అంతర్జాతీయ స్థాయిలో అనేక సంస్థలు, ఏజెన్సీలు ఏర్పాటు చేయబడి అనేక కార్యక్రమాలు రూపొందించడమైంది.. ఈ సంస్థలు కాలుష్య నివారణకు, సహజ వనరుల సంరక్షణకు, జీవావరణ సమతౌల్యానికి శాయశక్తుల కృషి చేస్తాయి. కొన్ని ప్రసిద్ధ సంస్థలను గురించి ఇక్కడ చర్చించాము. అవి -

1. ఇంటర్నేషనల్ అటామిక్ ఎనర్జీ ఏజన్సీ (IAEA)
2. కౌన్సిల్ ఆన్ ఎన్విరాన్‌మెంటల్ క్వాలిటి (CEQ)
3. ఎర్త్‌స్కాన్ (Earthscan)
4. యూరోపియన్ ఎకనామిక్ కమ్యూనిటి (EEC)
5. ఎన్విరాన్‌మెంటల్ ప్రొటెక్షన్ ఏజన్సీ (EPA)
6. ఇంటర్నేషనల్ కౌన్సిల్ ఆఫ్ సైంటిఫిక్ యూనియన్స్ (ICSU)
7. ఇంటర్ గవర్నమెంటల్ మెరైన్ కన్సల్టేటివ్ ఆర్గనైజేషన్ (IMCO)
8. ఇంటర్నేషనల్ యూనియన్ ఫర్ కన్జర్వేషన్ ఆఫ్ నేచర్ అండ్ నేచురల్ రిసోర్సెస్ (IUCN)
9. నేచురల్ కన్జర్వెన్సి కౌన్సిల్ (NCC)
10. యునైటెడ్ నేషన్స్ ఎడ్యుకేషనల్, సైంటిఫిక్ అండ్ కల్చరల్ ఆర్గనైజేషన్ (UNESCO)
11. వరల్డ్ కమీషన్ ఆన్ ఎన్విరాన్‌మెంటల్ డెవలప్‌మెంట్ (WCED)
12. సౌత్ ఏసియా కో-ఆపరేటివ్ ఎన్విరాన్‌మెంటల్ ప్రోగ్రామ్ (SACEP)
13. యునైటెడ్ నేషన్స్ ఎన్విరాన్‌మెంట్ ప్రోగ్రామ్ (UNEP)
14. ఎర్త్‌వాచ్ ప్రోగ్రాం (EP)
15. ఇంటర్నేషనల్ బయాలాజికల్ ప్రోగ్రాం (IBP)
16. మాన్ అండ్ బయోస్ఫియర్ ప్రోగ్రాం (MAB)

1. ఇంటర్నేషనల్ అటామిక్ ఎనర్జీ ఏజెన్సీ

(International Atomic Energy Agency - IAEA)

ఇంటర్నేషనల్ అటామిక్ ఎనర్జీ ఏజన్సీ అనే అంతర్జాతీయ సంస్థకు రెండు హెడ్ క్వార్టర్స్ ఉన్నాయి. అవి వియన్నా, ఆస్ట్రియా నగరాలు. ఇది ఫుడ్ అండ్ అగ్రికల్చర్ ఆర్గనైజేషన్ ఆఫ్ యునైటెడ్ నేషన్స్

(FAOUN) అనే బృహత్ సంస్థలోని అటామిక్ ఎనర్జీ ఇన్ ఫుడ్ అండ్ అగ్రికల్చర్ (AEFA) అన్న విభాగంలో ఒక చిన్న భాగం. ఈ సంస్థ అణుశక్తి, రేడియోధార్మిక ఐసోటోపులు (Radio Isotopes), వాణిజ్యం, తత్సంబంధమైన శాస్త్రీయ, సాంకేతిక విజ్ఞానానికి సంబంధించిన విషయాలకు సంపూర్ణ ప్రతినిధిగా వ్యవహరించి తగు చర్యలను, సలహాలను తీసుకుంటుంది.

2. కౌన్సిల్ ఆన్ ఎన్విరాన్‌మెంటల్ క్వాలిటి
(Council on Environmental Quality - CEQ)

నేషనల్ ఎన్విరాన్‌మెంటల్ పాలిసీ ఆక్ట్ 1969, కింద పర్యావరణ నాణ్యతను మెరుగుపరచే ఉద్దేశ్యంతో కౌన్సిల్ ఆన్ ఎన్విరాన్‌మెంటల్ క్వాలిటి అనే U.S. ఫెడరల్ సంస్థను రూపొందించడం జరిగింది. పర్యావరణ కాలుష్య నివారణ, జీవావరణ ఆరోగ్యం, ఆవరణ వ్యవస్థలను గురించిన సమగ్ర అవగాహనతో పాటుగా సహజవనరుల సంరక్షణ వంటి సమస్యల పరిష్కారమే ఈ సంస్థ ముఖ్యోద్దేశ్యం.

3. ఎర్త్ స్కాన్ (Earthscan)

ఇది ఒక క్రొత్త సంస్థ. దీనిని UNEP వారు 1976లో రూపొందించి లండన్ నగరంలో నెలకొల్పారు. పర్యావరణ సంబంధమైన పలు విషయాలు గురించి వివిధ వ్యాసాలను సేకరించి, వివిధ దిన, వార, పక్ష, మాసపత్రికలకు అందించి, బహుళ ప్రచారము చేయటం ఎర్త్‌స్కాన్ సంస్థ ముఖ్యోద్దేశ్యం.

4. యూరోపియన్ ఎకనామిక్ కమ్యూనిటి (European Economic Community - EEC)

మార్చి 25, 1957లో రోమ్ ఒప్పందం ప్రకారం బెల్జియమ్, ఫ్రాన్స్, ఇటలీ, లగ్జమ్‌బర్గ్, నెదర్‌లాండ్స్, పశ్చిమ జర్మనీ మొదలైన ఆరు దేశాల కూటమి వల్ల యూరోపియన్ ఎకనామిక్ కమ్యూనిటి ఆవిర్భవించింది. 1973లో బ్రిటన్, డెన్మార్క్, ఐర్లాండ్, 1981లో గ్రీస్, స్పెయిన్, పోర్చుగల్ మొదలైన దేశాలన్ని యూరోపియన్ ఎకనామిక్ కమ్యూనిటి సంఘంలో సభ్యత్వాన్ని పొందాయి. ఈ సంఘం ఆయా దేశాల ఆర్థిక, రాజకీయ, వైజ్ఞానిక, పర్యావరణ, వ్యవసాయ, న్యాయ, సాంస్కృతిక సంబంధమైన సమస్యలకు పరిష్కారమార్గాలను ఆలోచించి పరిష్కరిస్తుంది. దీని కేంద్రం బ్రుసెల్స్.

5. ఎన్విరాన్‌మెంటల్ ప్రొటెక్షన్ ఏజన్సీ
(Environmental Protection Agency - EPA)

1970 సంవత్సరంలో U.S. ప్రభుత్వం వారు ఎన్విరాన్‌మెంటల్ ప్రొటెక్షన్ ఏజన్సీ అనే పర్యావరణ పరిరక్షణ ఫెడరల్ సంస్థను రూపొందించారు. వాయుకాలుష్యం, నీటికాలుష్యం, వ్యర్థ ఘన పదార్థాల కాలుష్యం, క్రిమినాశక మందులు, ధ్వనికాలుష్యం, రేడియోధార్మిక కిరణాలు (radiation) మొదలైన కీలక సమస్యలను పరిష్కరించి పర్యావరణ నాణ్యతను కాపాడటమే ఈ సంస్థ ముఖ్యోద్దేశ్యం.

6. ఇంటర్నేషనల్ కౌన్సిల్ ఆఫ్ సైంటిఫిక్ యూనియన్స్
(International Council of Scientific Unions - ICSU)

ఈ సంస్థ ప్యారిస్ నగరంలో స్థాపించబడింది. ఇది ఒక ప్రైవేట్ రంగసంస్థ. దీని ద్వారా వైజ్ఞానిక

సమాచారాలు వివిధ దేశాలకు పంపిణీ చేయబడతాయి. ఇది అంతర్జాతీయ వైజ్ఞానిక సహకార కార్యక్రమాలను రూపొందిస్తుంది. వివిధ వైజ్ఞానిక శాస్త్రవేత్తల సామాజిక రాజకీయ విధానాలను అధ్యయనం చేసి ఆయా విషయాల రిపోర్టులను తయారు చేస్తుంది. ఈ సంస్థ ద్వారా పర్యావరణ సమస్యలు ప్రపంచ వ్యాప్తంగా వెల్లడి అవుతాయి.

7. ఇంటర్ గవర్నమెంటల్ మెరైన్ కన్సల్టేటివ్ ఆర్గనైజేషన్

(Inter Governmental Marine Consultative Organisation - IMCO)

సముద్రావరణ కాలుష్య నివారణ, సముద్ర నౌకాయానం మొదలైన విషయాల అధ్యయనం, తత్సంబంధ కార్యక్రమాలను ఈ సంస్థ చేపడుతుంది. 1972లో లండన్ నౌకలు వ్యర్థమలిన పదార్థాలను సాంప్రదాయ పద్ధతిలో సముద్రాలకు తరలించడాన్ని ఈ సంస్థ వారు ప్రతిఘటించి సముద్ర కాలుష్యాన్ని నిర్మూలించారు.

8. ఇంటర్నేషనల్ యూనియన్ ఫర్ కన్జర్వేషన్ ఆఫ్ నేచర్ అండ్ నేచురల్ రిసోర్సెస్

(International Union for Conservation of Nature and Natural Resources - IUCN)

1948 సంవత్సరంలో స్విట్జర్లాండ్‌లోని మోర్గెస్ (Morges) నగరంలో ఈ సంస్థ స్థాపించబడింది. ఇది వరల్డ్ వైల్డ్ లైఫ్ ఫండ్ (WWF) అన్న సహసంస్థ సహాయ సహకారాలతో కలిసి వైజ్ఞానిక సంబంధమైన, సాంకేతిక సంబంధమైన పద్ధతుల ద్వారా ప్రకృతి సహజవనరుల సంరక్షణ కోసం అహర్నిశలు పాటుపడి జీవావరణ కాలుష్యాన్ని నిర్మూలిస్తుంది.

9. నేచురల్ కన్జర్వెన్సి కౌన్సిల్ (Natural Conservancy Council - NCC)

గ్రేట్ బ్రిటన్ పార్లమెంట్ ఆక్ట్ ప్రకారం ఈ సంస్థ బ్రిటన్‌ను కేంద్ర స్థానంగా చేసికొని నెలకొల్పబడింది. ఇది జాతీయ సహజ వనరుల సంరక్షణ కోసం కావలసిన సలహాలను, పర్యావరణ విద్య, పరిశోధనాత్మక కార్యక్రమాలను చేపడుతుంది. దీనికి అవసరమైన నిధులు పర్యావరణ విభాగం నుంచి విడుదల అవుతాయి.

10. యునైటెడ్ నేషన్స్ ఎడ్యుకేషనల్, సైంటిఫిక్ అండ్ కల్చరల్ ఆర్గనైజేషన్

(United Nations Educational Scientific and Cultural Organisation - UNESO)

UNESCO సంస్థ 1945లో పారిస్ నగరంలో స్థాపించబడింది. దీనిలో విద్య, వైజ్ఞానికి పరిశోధనలు, సాంస్కృతిక సంబంధ విషయాల అధ్యయనం, తత్సంబంధమైన అభివృద్ధి కార్యక్రమాలు నిర్వహిస్తున్నారు. ఈ సంస్థ సభలను, సదస్సులను నిర్వహించి పరిశోధనా వ్యాసాల ప్రచురణ, సమాచార పంపిణీ, సాంకేతిక సేవలను యావత్ ప్రపంచానికి అందజేయడంలో తోడ్పడుతుంది. దీనికి కావలసిన నిధులను స్వయంగానే సమకూర్చుకుంటుంది. అయితే యునైటెడ్ నేషన్స్ అభివృద్ధి ప్రణాళికలో సభ్యత్వం గల దేశాల నుంచి కూడా నిధులను స్వీకరిస్తుంది. ఇది మూడు దశాబ్దాల నుంచి పర్యావరణ నాణ్యత, మానవ నివాసం, సామాజిక, సాంస్కృతిక ఆవరణం మొదలైన శిక్షణా కార్యక్రమాలను నిర్వహిస్తూనే ఉంది.

11. వరల్డ్ కమీషన్ ఆన్ ఎన్విరాన్‌మెంట్ అండ్ డెవలప్‌మెంట్
(World Commission on Environment and Development)

23 దేశాల సభ్యత్వంతో యునైటెడ్ నేషన్స్ జనరల్ అసెంబ్లీ తీర్మానం ప్రకారం పర్యావరణ కీలక సమస్యల పరిష్కారానికి వరల్డ్ కమీషన్ ఆన్ ఎన్విరాన్‌మెంట్ అండ్ డెవలప్‌మెంట్ అన్న ప్రపంచ సంస్థను 1984లో స్థాపించారు. జీవావరణ మనుగడకు, మానవుని అభివృద్ధికి కావలసిన ఏర్పాట్లను వివిధ శాస్త్రీయ, సాంకేతిక పద్ధతుల ద్వారా ప్రపంచమంతా కలిసికట్టుగా సాధించవచ్చునని ఈ సంస్థ పిలుపునిచ్చింది. పర్యావరణ కాలుష్యనివారణ, పర్యావరణ నాణ్యత పెంపుదలకు అనేక సమస్యలున్నప్పటికీ ప్రపంచ వ్యాప్తంగా స్వచ్ఛంద సంస్థలు, ప్రభుత్వాలు, ప్రజలు తమంత తామే ముందుకు వచ్చి శక్తి వంచన లేకుండా సహాయ సహకారాలను అందిరిచాలని ఈ సంస్థ కోరుతోంది.

జూలై 6, 7, 1987న ఢిల్లీ నగరంలో నిర్వహించిన "వరల్డ్ కమీషన్ ఆన్ ఎన్విరాన్‌మెంట్ అండ్ డెవలప్‌మెంట్" సంస్థ మహాసభకు **డా॥ నాగేంద్రసింగ్** అంతర్జాతీయ న్యాయస్థాన న్యాయాధిపతి గారు ప్రతిపాదించగా, నార్వే ప్రధానమంత్రి గారు అధ్యక్షపదవిని అలంకరించారు. ఈ సభ నిర్వహణకు ఆతిధ్య నిర్వాహణకు, సంబంధించిన మొత్తం ఖర్చును భారతదేశమే భరించింది. ఈ సభకు 12 దేశాలకు సంబంధించిన ASEAE మంత్రులు, ప్రతినిధులు హాజరై, పర్యావరణ నాణ్యతాభివృద్ధి చర్చలలో పాల్గొన్నారు.

12. సౌత్ ఏసియా కో-ఆపరేటివ్ ఎన్విరాన్‌మెంటల్ ప్రోగ్రామ్
(South Asia Co-operative Environmental Programme - SACEP)

భారతదేశం, బంగ్లాదేశ్, ఇరాన్, ఆఫ్ఘనిస్థాన్, పాకిస్థాన్, భూటాన్, శ్రీలంక మొదలైన దేశాలు కూటమిగా ఏర్పడి సౌత్ ఏసియా కో-ఆపరేటివ్ ఎన్విరాన్‌మెంటల్ ప్రోగ్రామ్ అన్న ఒక సహకార సంస్థ కొత్త రూపురేఖలతో ఆవిర్భవించింది. పర్యావరణ సమస్యలు, వాటి పరిష్కార మార్గాలు గురించిన పరిశోధన, విద్యాబోధన, చర్చలు, సమాచార పంపిణీ మొదలైన కార్యక్రమాలను ఈ సంస్థ నిర్వహిస్తుంది.

ఈ సంస్థకు సంబంధించిన, సముద్రతీరం గల ఐదు దేశాలలో ఆయా సముద్రావరణ వ్యవస్థల సమస్యలను గురించి పరిశోధనా కార్యక్రమాలు ముమ్మరంగా కొనసాగుతున్నాయి. ఈ పరిశోధనా వివరాలను తిరిగి UNEP వారు సమీక్షిస్తారు. SACEP సహకార కార్యక్రమం కింద భారతదేశం సెంట్రల్ బోర్డు ఫర్ ప్రివెన్షన్ ఆఫ్ పొల్యూషన్ ద్వారా తన 6000 కి.మీ. పొడవు గల సముద్రతీరాన్ని సర్వే చేయటానికి నిశ్చయించింది. ఇదే కార్యక్రమం కింద పాకిస్థాన్ కూడా మన్నర్ కాలువ (Manner Canal) ను పరిశుద్ధ పరచగలిగింది.

దక్షిణ ఆసియా ప్రాంతాలలో దాదాపు 90% వంటచెరకు ఉపయోగపడుతుంది. అందువల్ల అడవులు తరిగిపోతున్నాయి. వంటచెరకు సమస్యకు ప్రత్యామ్నాయ వనరులను అత్యవసరంగా అన్వేషించాలి. ఆసియా, పసిఫిక్ ప్రాంతాలలో రీజినల్ ఉడ్ ఎనర్జీ డెవలప్‌మెంట్ ప్రోగ్రామ్ (RWEDP) కింద డచ్ ప్రభుత్వం వారు, ఫుడ్ అండ్ అగ్రికల్చర్ ఆర్గనైజేషన్ (FAO) కింద యునైటెడ్‌నేషన్స్ వారు పూర్తి సహాయ సహకారాలతో బయోగాస్‌ను, సహజవాయువులను వంట చెరకుకు ప్రత్యామ్నాయంగా అభివృద్ధి చేసి అందజేస్తున్నారు.

SACEP గవర్నింగ్ కౌన్సిల్ 1988 వ సంవత్సరాన్ని 'దక్షిణ ఆసియా మొక్కల సంవత్సరం' గా ప్రకటించింది. ఈ సంవత్సరం (1988) జ్ఞాపకార్థం SACEP లోని కొన్ని దేశాలు అనేక ప్రణాళికలను చేపట్టాయి. భారతదేశం, పాకిస్థాన్ స్వతంత్రంగా చెట్లు నాటే అమోఘమైన కార్యక్రమాన్ని చేపట్టాయి.

13. యునైటెడ్ నేషన్స్ ఎన్విరాన్‌మెంట్ ప్రోగ్రామ్

(United Nations Environment Programme _ UNEP)

1972లో స్టాక్‌హోమ్ మహాసభానంతరం యునైటెడ్ నేషన్స్ జనరల్ అసెంబ్లీ తీర్మానం నెం. 2997(XXVII) ప్రకారం డిసెంబర్ 15, 1972లో యునైటెడ్ నేషన్స్ ఎన్విరాన్‌మెంట్ ప్రోగ్రాం సంస్థ ఆవిర్భవించింది. దీనికి 50 మంది సభ్యులతో కార్యనిర్వాహక బృందం (Executive body), గవర్నింగ్ కౌన్సిల్ (Governing council) కూడా నియమించబడ్డాయి. UNEP సహాయార్థం స్వయం ప్రతిపత్తి గల యునైటెడ్ నేషన్స్ ఎన్విరాన్‌మెంట్ ఫండ్ (United Nations Environment Fund) అనే ఆర్థిక ప్రాజెక్ట్‌ను కూడా స్థాపించారు. UNEP ప్రణాళికా కార్యక్రమాలకు సహాయసహకారాలందించడానికి పర్యావరణ సహకార బోర్డు (Environmental Co-ordination Board) కూడా స్థాపించబడింది.

ప్రప్రథమంగా ఏప్రిల్ 17 నుండి మే 2 వరకు 1975లో నరోబి (Narobi) నగరంలో నిర్వహించిన UNEP గవర్నింగ్ కౌన్సిల్ మహాసభలో **మారిస్ స్ట్రాంగ్** (Mr. Maurice Strong, UNEP Executive Director) గారు మాట్లాడుతూ పర్యావరణ సమస్యల నివారణకు సమగ్ర ప్రాధాన్యత ఇవ్వాలని వ్యాఖ్యానించారు. 1976లో UNEP వారు నిర్వహించిన వాంకోవర్ మహాసభ (Vancouver Conference) లో పర్యావరణ నాణ్యత పెంపుదలకు, సహజవనరుల సంరక్షణకు, కాలుష్య నివారణ చర్యలు ఉధృతం చేయాలని, దీనికి అన్ని దేశాలు కలిసికట్టుగా పని చేయాలని పలువురు వక్తలు ఉద్ఘాటించారు. 1977లో జరిగిన UNEP వారి 5వ మహాసభ (Vth Session) లో పర్యావరణ విద్యా కేంద్రాలను ప్రపంచంలోని వివిధ ప్రాంతాలలో నెలకొల్పాలని, ప్రత్యేకంగా ESCAP ప్రాంతంలో వెంటనే నెలకొల్పాలని వక్తలు ప్రవచించారు. 1977లో UNESCO వారు UNEP వారి సహాయ సహకారాలతో అంతర్జాతీయ పర్యావరణ విద్యా ప్రణాళికలను ఆసియా, పసిఫిక్ ప్రాంతాలలోని కొన్ని విశ్వవిద్యాలయాలలో ప్రవేశపెట్టారు. దీనివల్ల సమీకృత పర్యావరణ విద్యా కార్యక్రమాల (Integrated Environmental Education Programmes) ను విస్తృతపరచి సఫలీకృతం చేయడానికి తగిన అవకాశాలు, వనరులు విశ్వవిద్యాలయాలలోను, సాంకేతిక కళాశాలల్లోను ఉన్నట్లు విచారణాంశాలలో తేలింది. 1978వ సంవత్సరంలో పర్యావరణ విద్యా ప్రచార సంఘం వారు 9 విద్యాసంస్థలను ఎన్నుకొని సంవత్సరాంతంలో ఆయా విద్యా సంస్థల నుంచి పర్యావరణ విద్యాస్థాయి రిపోర్టులను (Status Report of Environmental Education) తీసుకొని సంతృప్తిని వెలిబుచ్చారు.

UNEP సంస్థ వారు భారతదేశంలో కాలుష్య నిర్మూలనకు చెట్లు నాటటం, గంగా జలాల శుభ్రత వంటి అనేక ప్రాజెక్టులను ప్రారంభించారు. ప్రత్యేకంగా ఆఫ్రికా ఖండంలో కూడా జీవిత విధానాలను (Life supporting system) పెంపొందించడానికి అనేక ప్రణాళికలను రూపొందించారు.

UNEP సంస్థ ముఖ్యంగా పర్యావరణ నాణ్యతా సంబంధ యాజమాన్య సలహాలకోసం పర్యావరణ కాలుష్య నిర్మూలన కోసం, సహజ వనరుల సంరక్షణ కోసం నిర్దేశించబడినది. ఈ సలహాలు, సిఫారసులు పరిసరాల సమస్యలను పరిష్కరించడంలో ఎంతగానో తోడ్పడతాయి.

14. ఎర్త్ వాచ్ ప్రోగ్రామ్ (Earthwatch Programme - EP)

మానవ పర్యావరణ (Human environment) నాణ్యతను ఎప్పటికప్పుడు తెలియపరచటానికి ప్రపంచ వ్యాప్తంగా విస్తృతంగా పనిచేసే సంస్థను 'ఎర్త్‌వాచ్ ప్రోగ్రాం' అంటారు. ఇది 1972వ సంవత్సరంలో స్థాపించబడింది. ఇది వివిధ కార్యక్రమాలను UNEP వారి సహాయ సహకారాలతో సమగ్రంగా నిర్వహిస్తుంది.

15. ఇంటర్నేషనల్ బయోలాజికల్ ప్రోగ్రామ్
(International Biological Programme - IBP)

1964 నుంచి 1974 వరకు ప్రపంచంలో జీవోత్పత్తి, మానవసంక్షేమం తెలిపే 10 సంవత్సరాల అధ్యయన ప్రణాళికను 'ఇంటర్నేషనల్ బయోలాజికల్ ప్రోగ్రామ్' అంటారు. IBP మొట్టమొదటి జనరల్ అసెంబ్లీ ప్రణాళిక జూలై, 1964లో సూత్రప్రాయంగా అంగీకరించబడింది. ఈ ప్రణాళికను మూడు దశలలో పూర్తి చేయడం జరిగింది.

దశ-1	1964 నుంచి 1967	సాధ్యమైనంత ఎక్కువ అధ్యయనం
దశ-2	1967 నుంచి 1973	ఉధృతమైన, ముమ్మరమైన అధ్యయనం
దశ-3	1973 నుంచి 1975	పరిశీలనలు, రికార్డులు

పై మూడు దశలలో అధిక ఉత్పాదన, సహజవనరుల సంరక్షణ, పర్యావరణ నాణ్యత, పరిసరాల కాలుష్య నివారణలకు సంబంధించిన కార్యక్రమాలను అధ్యయనం చేసి సత్ఫలితాలు సాధించడం జరిగింది.

16. మాన్ అండ్ బయోస్ఫియర్ ప్రోగ్రామ్
(Man and Biosphere Programme - MAB)

మానవుడు, జీవావరణ సంబంధ విషయాలను గురించిన అధ్యయనం, పరిశోధన సంబంధిత ప్రణాళికను మానవుడు-జీవావరణ ప్రణాళిక (Man and Biosphere Programme) అంటారు. జీవావరణ వనరులను న్యాయసమ్మతంగా వినియోగించుకోవటం, శాస్త్రీయ పద్ధతుల ద్వారా సంరక్షణ, పునరుద్ధరణ వంటి కార్యక్రమాలు మానవుడు-జీవావరణ ప్రణాళిక (MAB) లోని ముఖ్యోద్దేశ్యాలు. ఈ ప్రణాళిక శాస్త్రీయ అధ్యయనం 3 రకాలుగా ఉంటుంది.

1. ఆవరణ వ్యవస్థలను పరిశీలించటం (Analysis of the Ecosystem)
2. మనిషి-పర్యావరణ పరస్పర సంబంధాలు
   (Reciprocal Studies of Man and Environment Impact)
3. పరిమాణ సంబంధమైన విషయాలను ఊహించటం (Quantitative Products)

REFERENCES

AGARWAL, K.C.,1987. Environmental Biology. Agro Botanical Publishers, India.

AMBASHT, R.S., 1976. A Textbook of Plant Ecology. Students Friends, Varanasi.

BASCOM, W., 1974. The disposal of waste in the ocean. Scientific American 231(3) : 16-25.

BILLINGS, W.D., 1964. Plants and the Ecosystem. Mac Millan & Co., London.

BROWN, A.W.A., 1978. Ecology of pesticides. New York; John Wiley & Sons.

CLAPHAM, Jr., W.B., 1973. Natural Ecosystems. The Mac Millan Company, New York.

CLARKE, G.L., 1954. Elements of Ecology. John Wiley and Sons, Inc., New York.

CLARKE, R. 1984. Atmospheric pollution, Ecology 2000, Michael Joseph, London. pp. 108-129.

COOPER, P.J., 1975. (ed) Photosynthesis and Productivity in Different Environments. Cambridge Univ. Press, London.

DE, A.K., 1986. Photochemical Smog. Science Reporter, Sept., pp. 600-601.

DE NEVERS, N., 1973. Enforcing the clean Air Act of 1970. Scientific American 228(6) : 14-21.

DEEVEY, E.S., 1970. Mineral Cycles. Scientific American, 223 : 148-158.

DELWICHE, C.C., 1970. The Nitrogen Cycle. Sci. Amer., 223(5) 137-146.

EGLER, F.E., 1964. Pesticides - in our Ecosystem. American Scientist 52 : 110-136.

EHRENFILED, D.W., 1970. Biological Conservation. Holt Reinehart & Winston, Inc., New York.

EVANS, F.C., 1956. Ecosystem as the basic Unit in Ecology. Science, 123 : 1227 - 1228.

GATES, D.M., 1962. Energy Exchange in the Biosphere. Harper and Row publishers, Inc., New York.

GOLDMAN, M.I., 1967. (ed) "Controlling Pollution", The Economics of a clever America, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

GOPAL, B. AND BHARDWAJ, N., 1979 Elements of Ecology. Vikas Publishing House Pvt. Ltd., New Delhi.

GUPTA, R.K. AND PRAKASH, I., 1975. Wildlife Ecology and Conservation. English Book Depot, Dehradun.

HUTCHINSON, G.E., 1970. The Biosphere. Scientific American, 223(3) 44-53.

KHOSHOO, T.N., 1984. Environmental Concerns and Strategies. Indian Environmental Society, New Delhi.

KORMONDY. E.J., 1976. Concepts of Ecology. Prentice-Hall, Engel-wood Cliffs.

KUMAR, H.D. 1978. Modern concepts of Ecology. Vikas Publishing House, New Delhi.

LANDSBERG, H.E., 1970. Man made climatic changes, Science, 170 : 1265-1274.

LEE, R., 1973. The greenhouse effect. J. Appl. meteorology, 12 : 556-557.

LIKENS, G.E., R.F. WRIGHT, J.N. GALLOWAY, AND T.J. BUTLER, 1979. Acid Rain. Scientific American 241 : 43-51.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 1970. Mans Impact on the Global Environment. Assesment and Recommendations for action. Cambridge. M A.

MISRA, R. 1968. Energy transfer along terrestrail food chains. Trop. Ecol. 9 : 105-118.

MISRA, R, 1969 — Studies in primary productivity of terrestrial communities at Varanasi. Trop. Ecol. 10(1) : 1-15.

MURDOCH, W.W. (ed) 1971. — Environment, Resources, Pollution and Society, Sinauer Associates, Stamford, Conn.

NATRAJAN, G.M., 1977. — They are wild but need our protection. Science reporter, 14(3) : 144-147.

NELSON, D.J. (ed), 1974 — "Radionuclides in Ecosystem" . Proc. 3rd Internat. Sympos. Radioecology. Oak Ridge, Tennessee.

ODUM, E.P., 1968. — Energy flow in ecosystem. A historical review. Amer zool., 8 : 11-18.

ODUM, E.P., 1971. — Fundamentals of Ecology 3rd. ed., W.B. Saunders & Co. Philadelphia.

ODUM, H.T. 1956. — Primary Production in flowing water. Limnol. Oceanogr., 1 : 102-117.

OLSON, J.S., H.A. PERUDERED. Y.H. CHAN, 1978. — Changes in the Global Carbon Cycle and the Biosphere. Environmental Sciences Division Publication 105(

PANDEYA, S.C., SINGH, J.S. AND PURI, G.S. 1968. — Research Methods in Plant Ecolog) Asia Publ. House, Bombay.

RAO, D.N., LE BLANK. B.F. 1966. — Effect of Sulphur Dioxide on th Lichen alga with special referer to Chlorophyll. The Bryologi: 69 : 69-75.

RAO, M.S.V.R., 1962. — Soil Conservation in India, ICA New Delhi.

REVELLE, R., 1982. — Carbon dioxide and World climate Scientific American 238(1) : 34-43

ROBERTS, T.M. *et al.*, 1974. — Lead contamination around secondary smelters; estimation of dispersal and accumulation by humans. Science. 186; 1120-1123.

SAGREIYA, K.P., 1967. Forest and Forestry. National Book Trust, India.

SAHARIA, V.B., 1982. Wild Life in India. Natraj Publishers, Dehradun.

SINGH, P. 1984. Noise pollution. Every man's Scince IX No.2 pp. 231-235.

SMITH, R.L., 1972. The Ecology of Man; An Ecosystem Approach. New York : Harper and Row.

STUIVER. M., 1978. Atmospheric carbondioxide and carbon reservoir changes. Science 199 : 253-258.

TOON. O.B., AND J.B. POLLACK, 1980. Atmospheric aerosols and climate. American Scientist 68 : 268-278.

VERMA, P.S., V.K. AGARWAL 1985. Principles of Ecology. S. Chand & Company Ltd. New Delhi.